



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO PARA ABASTECIMIENTO DE  
AGUA A LA COMUNIDAD MARÍA CRISTINA GUIDO UBICADA EN  
LA CIUDAD DE EL RAMA.

**AUTOR**

BR. HARWELL ISMAEL MEJÍA HERNÁNDEZ

**TUTOR**

ING. JUAN JOSÉ RUIZ CALDERÓN

**Managua, Octubre 2014**

## **AGRADECIMIENTO.**

Primeramente quiero darle gracias a Dios, nuestro señor, por darme salud y fuerzas para culminar mis estudios y vida para servirle.

También agradezco a mi familia por el apoyo que me han brindado, especialmente a mis padres; **Ligia Isabel Hernández Almendares** y **Jairo Ramón Mejía Castro** por apoyarme y darme amor incondicionalmente hasta el final, a mis hermanas y hermanos, que deseo que también culminen sus carreras profesionales, a mi querida abuela **Martha del Socorro Castro Torres**, por inculcarme los buenos hábitos del estudio desde niño.

Y a los docentes, que me han proporcionado la enseñanza necesaria para ser un buen profesional.

*Dedicado a mi prometida*

*Soraya Raquel Ruiz Espinoza.*

## **RESUMEN**

El presente trabajo lo hemos realizado con la finalidad de abastecer de agua a la comunidad María Cristina Guido ubicada en la ciudad de El Rama; mediante el uso de una bomba centrífuga.

La comunidad es pequeña ya que cuenta con tan solo 20 familias, y la forma que obtienen el vital líquido es poco conveniente, ya que tienen que caminar una distancia considerablemente larga cargando baldes.

El agua la extraen de una vertiente natural. Los pobladores han cubierto esta vertiente para evitar que se contamine. Está fuente drenará el agua a un reservorio que construiremos, posteriormente, transportaremos el agua a un tanque de almacenamiento haciendo uso de una bomba centrífuga. El tanque estará montado sobre una torre de ocho metros de altura, que por efectos de la gravedad y haciendo uso de una red de tuberías, distribuirá el agua a los habitantes.

Utilizaremos paneles solares para energizar la bomba, ya que la comunidad no cuenta con el servicio de energía eléctrica. El motor eléctrico lo protegeremos de cualquier sobre carga que pueda existir, esto lo haremos usando un contactor y guardamotor; que pertenecerán a un circuito de un arrancador suave.

Automatizaremos el sistema de bombeo usando dos sensores de sequía o boyas que envíen señales eléctricas a los contactos auxiliares del contactor para mandar a encender o apagar la bomba.

Llevar a cabo este proyecto representa un beneficio para los pobladores de la comunidad.

# ÍNDICE

Página

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>IV. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>1. LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA</b>	<b>5</b>
1.1. Introducción.....	5
1.2. Fluidos compresibles .....	5
1.3. Fluidos incompresibles .....	5
1.4. Presión.....	5
1.5. Masa.....	6
1.6. Peso.....	6
1.7. Temperatura.....	6
1.8. Propiedades de los fluidos.....	7
1.8.1. Introducción.....	7
1.8.2. Peso específico.....	7
1.8.3. Densidad.....	7
1.8.4. Volumen específico.....	8
1.8.5. Viscosidad.....	8
<b>2. HIDROSTÁTICA</b>	<b>9</b>
2.1. Presión atmosférica.....	9
2.2. Presión absoluta y manométrica.....	10
2.3. La paradoja de Pascal.....	10
<b>3. HIDRODINÁMICA</b>	<b>11</b>
3.1. Ecuación de continuidad para cualquier fluido.....	12
3.2. Tuberías y tubos disponible comercialmente.....	12
3.2.1. Tuberías de acero.....	13
3.2.2. Tamaños nominales de tuberías en unidades métricas.....	14
3.2.3. Tubos de acero.....	14
3.2.4. Tuberías y tubos plásticos.....	14
3.2.5. Velocidad de flujo recomendables para tubería.....	15
3.3. Conservación de la energía – Ecuación de Bernoulli.....	17
3.3.1. Interpretación de la ecuación de Bernoulli.....	18
<b>4. ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA</b>	<b>19</b>
4.1. Introducción.....	19

4.2.	Ecuación general de la energía.....	19
4.3.	Potencia que requieren las bombas.....	21
4.4.	Eficiencia mecánica de las bombas.....	21
<b>5.</b>	<b>NÚMERO DE REYNOLDS Y TIPOS DE FLUIDOS</b>	<b>22</b>
5.1.	Régimen laminar y turbulento.....	22
5.2.	Número de Reynolds.....	23
5.3.	Número de Reynolds crítico.....	23
5.4.	Ecuación de Darcy.....	24
5.5.	Pérdidas primarias.....	25
5.5.1.	Pérdidas por fricción en flujo laminar.....	25
5.5.2.	Pérdidas por fricción en flujo turbulento.....	25
5.6.	Diagrama de Moody.....	26
5.7.	Ecuación para el factor de fricción.....	27
<b>6.</b>	<b>PERDIDAS SECUNDARIAS</b>	<b>27</b>
6.1.	Introducción.....	27
6.2.	Coeficiente de resistencia.....	28
6.3.	Perdidas a la salida.....	28
6.4.	Válvulas y acoplamientos.....	28
6.4.1.	Válvulas.....	28
6.4.2.	Tipo de válvulas y aplicaciones.....	29
6.4.3.	Acoplamientos.....	34
6.4.3.1.	Codos.....	34
6.4.4.	Coeficiente de resistencia para válvulas y acoplamientos.....	35
<b>7.</b>	<b>BOMBAS – SELECCIÓN Y APLICACIÓN</b>	<b>36</b>
7.1.	Introducción.....	36
7.2.	Tipos de bombas.....	36
7.2.1.	Bombas centrífugas.....	37
7.3.	Datos de rendimiento de una bomba centrífuga.....	38
7.4.	El punto de operación de una bomba y la selección de esta.....	38
7.5.	Carga de succión neta positiva.....	40
7.5.1.	$NPSH_R$ y $NPSH_A$ .....	40
7.5.2.	Cavitación.....	40
7.5.3.	Presión de vapor.....	41
7.5.4.	Calculo de $NPSH_A$ .....	41
7.6.	Detalles en la línea de succión.....	42
7.7.	Detalles en la línea de descarga.....	43
<b>V.</b>	<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>44</b>
a.	Diseño metodológico.....	45
b.	Análisis del proyecto.....	46
c.	Proyección de la población.....	47

d. Fuente de extracción del agua.....	48
e. Reservorio y tanque de abastecimiento.....	50
f. Topografía del terreno.....	50
g. Desinfección del agua.....	50
<b>VI. MEMORIA DE CALCULO</b>	<b>51</b>
a. Calculo de potencia de la bomba.....	51
b. Cálculo de la Carga de succión neta positiva disponible NPSHA.....	59
c. Selección de la bomba por medio de las curvas características.....	59
d. Potencia necesaria para el suministro de energía eléctrica a la bomba hidráulica.....	61
e. Calculo de paneles solares necesarios.....	62
f. Acumuladores.....	62
g. Cantidad de baterías necesarias.....	63
h. Sistema de protección de la bomba.....	63
i. Automatización.....	63
<b>VII. COSTO DEL PROYECTO</b>	<b>64</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>66</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>
<b>X. REFERENCIA DE PÁGINAS WEB</b>	
<b>XI. ANEXOS</b>	
<b>ANEXOS A: TABLAS</b>	
<b>ANEXOS B: FIGURAS</b>	
<b>ANEXOS C: FOMATO TÉCNICO DE LAS ENTREVISTAS</b>	
<b>ANEXOS D: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS</b>	
<b>ANEXOS E: COTIZACIONES</b>	
<b>ANEXOS F: FOTOGRAFÍAS</b>	
<b>ANEXOS G: SELECCIONAMIENTO DE LA BOMBA ASISTIDO POR PUMP BASE™ ACADEMIC VERSION.</b>	
<b>ANEXOS H: JUEGO DE PLANOS</b>	

## **I. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo consiste en el diseño de un sistema de bombeo. Una bomba que recibe energía de un panel solar extraerá agua de un depósito y la elevará a un tanque de almacenamiento, posteriormente por medio de tuberías se distribuirá el agua a las familias de la comunidad María Cristina Guido. Tal depósito será alimentado por tres fuentes naturales de agua que brotan de la tierra. Los fundamentos para el diseño del sistema de bombeo se basan en la aplicación de la mecánica de fluidos para calcular la potencia necesaria de la bomba en cuestión.

Llevar a cabo este trabajo monográfico implica un beneficio para la comunidad, también de esta forma contribuir al desarrollo de Nicaragua aprovechando su capacidad hídrica.



## II. OBJETIVOS

### GENERAL:

1. Diseñar un sistema de bombeo para el abastecimiento de agua a la comunidad *María Cristina Guido*.

### ESPECÍFICOS:

- 1- Establecer la demandada máxima de agua de cada hogar.
- 2- Seleccionar un tanque con la capacidad necesaria para el abastecimiento de agua.
- 3- Seleccionar una bomba por medio de las curvas de rendimiento que se ajuste a nuestro diseño.
- 4- Seleccionar los paneles solares que le entregue la cantidad de energía necesaria a la bomba.
- 5- Calcular la cantidad de baterías requeridas para alimentar el sistema.
- 6- Presentar diseño de la red de tuberías.
- 7- Seleccionar los dispositivos electrónicos y accesorios adecuados.
- 8- Elaborar los planos constructivos del sistema de bombeo.
- 9- Determinar los costos para llevar a cabo este proyecto.

### III. JUSTIFICACIÓN

La comunidad *María Cristina Guido* se fundó en 1960 y hasta ahora, ninguna persona u organización han realizado estudio en materia de sistema de bombeo, siendo uno de los principales motivos de mi investigación, proveer hasta sus hogares el servicio de agua potable, por lo tanto, los principales beneficiados son los pobladores de la comunidad.

Por otro lado, cabe mencionar la fuente de energía que le será suministrado a nuestro sistema de bombeo es por medio de energía renovable, ya que la comunidad no cuenta con el servicio de energía eléctrica.

Es importante estar consiente de nuestra necesidad de disminuir la dependencia del petróleo, necesidad impulsada por muchas razones:

- Nicaragua no produce petróleo.
- El costo de energía eléctrica producida con petróleo es más cara que la obtenida de fuentes renovables.
- Esto nos lleva a una fuga de capital, sumada a la fuga económica producto de la importación de la energía eléctrica.
- El daño al medio ambiente que provoca la combustión de hidrocarburos.

## **IV. MARCO TEÓRICO.**

## **1. LA NATURALEZA DEL AGUA.**

### **1.1. Introducción.**

Para iniciar este estudio, primeramente debemos conocer la diferencia entre fluidos compresibles y los fluidos incompresibles, en este proyecto nos enfocaremos en el estudio de los fluidos incompresible, ya que el fluido en estudio es el agua en su forma líquida, que se le añadirá energía por medio de un dispositivo mecánico llamado bomba de fluido. También iniciaremos describiendo los conceptos fundamentales que están presentes en la mecánica de fluido.

### **1.2. Fluidos compresibles.**

Este es el estudio de los fluidos que se pueden comprimir, o sea, gases, este tipo de fluido adopta la forma y volumen en su totalidad del recipiente que lo contenga, estos aumentan su densidad a medida que aumenta la temperatura.

### **1.3. Fluidos incompresibles.**

Aquí se estudian los fluidos que no se pueden comprimir, o sea, los líquidos, en la realidad estos se pueden comprimir, pero ese volumen comprimido es despreciable, y para facilitar los cálculos podemos idealizarlos y llamarlos incompresibles. A diferencia de los fluidos compresible, su densidad disminuye con conforme aumenta la temperatura.

Este tipo de fluido es el que nos interesa para nuestro proyecto.

### **1.4. Presión.**

La presión se define como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia, o sobre una superficie. Mott Robert (2006) dice que: “La presión actúa de modo uniforme en todas las direcciones de un volumen pequeño de fluido” (p. 12).

### 1.5. Masa.

Es la propiedad que tiene un cuerpo de fluido, es la medida de la inercia<sup>1</sup> o resistencia a cambiar el movimiento de éste, también es la medida de la cantidad de fluido.

### 1.6. Peso.

Es la fuerza con la que el fluido es atraído hacia la Tierra por la acción de la gravedad.

La masa y el peso se relacionan por medio de la de la ley de la gravitación de Newton, que dice que la fuerza es igual a la masa por la aceleración.

$$F: ma \quad \text{Ec.(1.1)}$$

Habla de peso significa que la aceleración  $a$  es igual a la gravedad  $g$ , que es la aceleración de la gravedad, entonces la ley de Newton se transforma:

$$W: mg \quad \text{Ec.(1.2)}$$

### 1.7. Temperatura.

Lo más frecuente es que la temperatura se indique en °C (grados Celsius) o °F (grados Fahrenheit), y tomamos como referencia los siguientes valores:

El agua se congela a 0°C (32°F) y hierve a 100°C (212°F). Así, entre los dos puntos físicos hay 100 grados Celsius y 180 grados Fahrenheit, con lo que 1 grado Celsius es 1.8 grados Fahrenheit, con toda exactitud. A partir de esta observación, se definen las siguientes conversiones:

Dada la temperatura  $T_F$  en °F, la temperatura en grados Celsius es:

$$T_C: (T_F - 32)/1.8 \quad \text{Ec.(1.3)}$$

Dada la temperatura  $T_C$  en °C, la temperatura en grados Fahrenheit es:

$$T_F: (T_C \times 1.8) + 32 \quad \text{Ec.(1.4)}$$

---

<sup>1</sup> Inercia es la propiedad que tienen los cuerpos de mantenerse en su estado de reposo o movimiento.

## 1.8. Propiedades de los fluidos

### 1.8.1. Introducción.

*Fluido* es aquella sustancia que, debido a su poca cohesión intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Pope (2000) define que: “Un fluido es una sustancia que se deforma de manera continua cuando está sujeta a un esfuerzo cortante<sup>2</sup>” (p. 2).

Los líquidos a una presión y temperatura determinada ocupan un volumen determinado, Introducido el líquido en un recipiente adopta la forma del mismo, pero llenando solo el volumen que le corresponde. Si sobre el líquido reina una presión uniforme, por ejemplo, la atmosférica, el líquido adopta, como veremos, una superficie plana, como la superficie de un lago o la de un cubo de agua.

Sin embargo, aunque el fluido incompresible no exista en la realidad, Mataix (2007), nos afirma que: “Hay innumerables problemas que se resuelven aceptablemente en la ingeniería, suponiendo que el fluido es incompresible, Estos se estudian en la mecánica de fluidos incompresibles” (p. 13).

### 1.8.2. Peso específico.

Streeter (2000) define que: “El peso específico es el peso por unidad de volumen, este cambia con la localización, ya que depende de la gravedad” (p.12).

$$\gamma = \frac{w}{V} \quad \text{Ec. (1.5)}$$

Donde:

$w$  : Peso en N ;  $V$  : Volumen  $m^3$  (en SI.)

### 1.8.3. Densidad.

Mataix (2007) dice que: “La densidad es función de la temperatura y presión” (p. 14). En la tabla I de anexos podremos observar la densidad del agua a

---

<sup>2</sup> El esfuerzo cortante es la fuerza que se requiere para que una unidad de área de una sustancia se deslice sobre otra.

distintas temperaturas lo cual es muy útil para nuestro cálculo del sistema de bombeo u otros.

La densidad de un líquido es la relación entre su masa y su volumen.

Se tiene, pues:

$$\rho: \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (1.6)}$$

Donde

$\rho$ : Densidad del líquido;  $V$ : Volumen del líquido desalojado;  $m$ : es la masa del líquido.

#### **1.8.4. Volumen específico.**

En el SI. El volumen específico es el recíproco de la densidad absoluta:

$$v: \frac{1}{\rho} \left( \frac{m^3}{kg} \right) \quad \text{Ec. (1.7)}$$

O sea, el volumen que ocupa 1kg de la sustancia.

#### **1.9. Viscosidad.**

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es debida a las fuerzas de cohesión moleculares. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal.

La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento, se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega  $\eta$ , sus unidades están en Pa-S (Pascal por segundo).

Se conoce también otra viscosidad, denominada viscosidad cinemática, y se representa por  $\nu$ . Para calcular la viscosidad cinemática basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido, sus unidades están en  $\text{m}^2\text{-s}$ .

$$\nu: \frac{\eta}{\rho} \quad \text{Ec. (1.8)}$$

Debido a que  $\eta$  y  $\rho$  son propiedades de los fluidos, por lo tanto  $\nu$  también lo es.

## 2. HIDROSTÁTICA

### 2.1. Presión atmosférica.

Sobre la superficie libre de un líquido reina la presión del aire o gas que sobre ella existe. Esta presión puede adquirir un valor cualquiera en un recipiente cerrado; pero si el recipiente está abierto, sobre la superficie libre de líquido reina la presión atmosférica ( $P_{atm}$ ), debido al peso de la columna de aire que gravita sobre el fluido.

En la práctica se usa mucho la atmósfera técnica, que es igual a 1 bar. Por lo tanto hay tres atmósferas:

<i>Atmósfera normal</i>	1.01396 bar
<i>Atmósfera técnica</i>	1 bar
<i>Atmósfera local y temporal</i>	Presión atmosférica reinante en lugar y tiempo determinado.

Mataix (2007), nos afirma que: “El rango de variación normal de la presión atmosférica cerca de la superficie de la tierra es de 95 KPa (abs) a 105 KPa (abs) aproximadamente, o bien 13.8psia a 15.3 PSia” (p. 39).



## 2.2. Presión absoluta y manométrica.

La presión que arroja la medición del fluido se llama *presión manométrica*. La presión que se mide con el vacío perfecto se denomina *presión absoluta*. Una ecuación sencilla que relaciona los dos sistemas de medición de la presión es:

$$P_{abs}: P_{man} + P_{atm} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

$P_{abs}$ : Presión absoluta;  $P_{man}$ : Presión manométrica;  $P_{atm}$ : Presión atmosférica.

La figura 1 nos muestra una interpretación gráfica de esta ecuación.

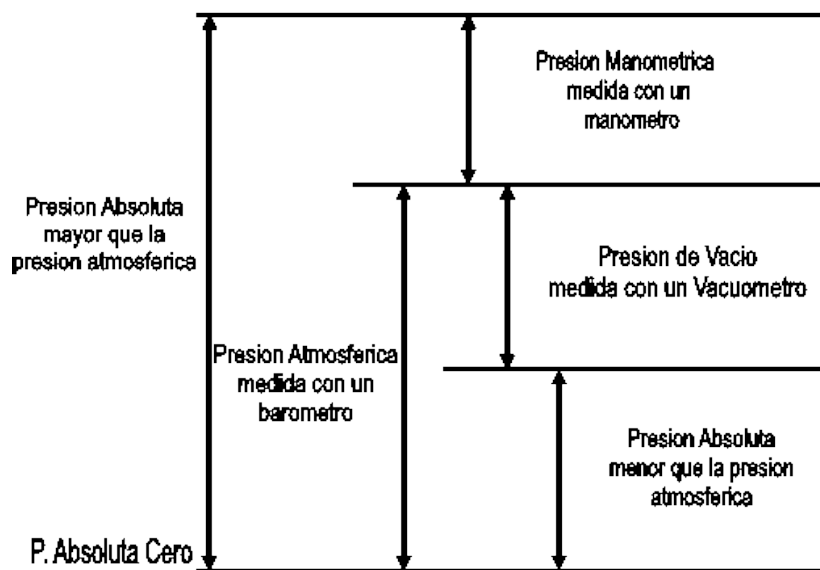


Figura 1. Relación entre presión atmosférica, manométrica, absoluta y de vacío.

Fuente: UNET. Estática de fluidos (2011) Rescata de [http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F\\_DE\\_T-47.htm](http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-47.htm)

## 2.3. La paradoja de Pascal.

El cambio de la presión sólo depende del cambio de la elevación y del tipo del fluido, no del tamaño del contenedor del fluido. Es decir, no importa la forma del recipiente que contenga al líquido (vea la figura 2), y observe que la presión en el punto mostrado, será la misma para todos los recipientes (vasos comunicantes) en el mismo punto. A este fenómeno se le conoce como la paradoja de Pascal, en honor a *Blais Pascal*<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Blaise Pascal (Francia, 1623-1662). fue un matemático, físico, filósofo cristiano y escritor. Contribuyó en las investigaciones de los fluidos y aclaración en conceptos de presión y vacío.

Este fenómeno es útil cuando se trata de producir una consistente presión elevada en un sistema de tuberías y tanques interconectados, a como es nuestro caso. Este proyecto del sistema de bombeo almacenará agua en un tanque que tiene una cierta elevación. A demás de proporcionar una reserva de agua al suministro, el propósito esencial es mantener una presión lo suficientemente alta en el sistema hidráulico para lograr una distribución satisfactoria del agua a los usuarios residenciales.

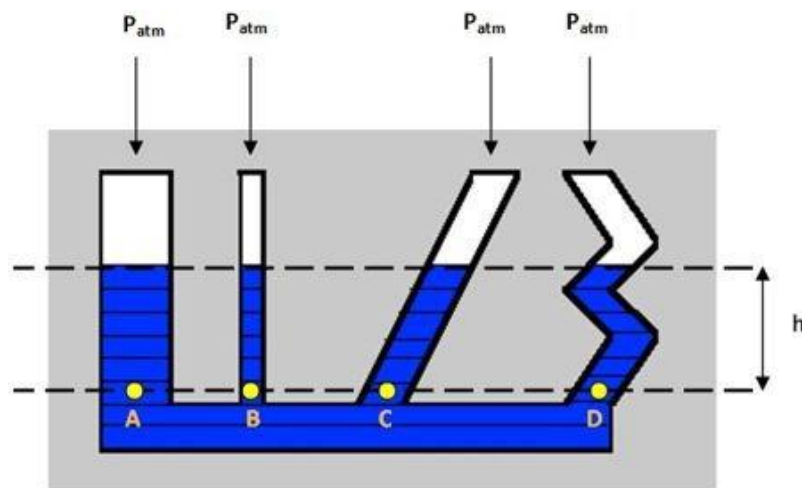


Figura 2. Paradoja de Pascal – Teoría de los vasos comunicantes.

Fuente: Internet. Principios de vasos comunicantes (2011) Rescatado <http://www.fullquimica.com>

### 3. HIDRODINÁMICA.

La cantidad de un fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de tres términos distintos:

$Q$ : El flujo volumétrico es el volumen de fluido que circula por una sección por unidad de tiempo.

$W$ : El flujo en peso es el peso del fluido que circula por una sección por unidad de tiempo.

$\dot{m}$ : El *flujo másico* es la masa del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El *flujo volumétrico*  $Q$  es el más importante de los tres, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = Av \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde  $A$  es el área de la sección y  $v$  es la velocidad promedio del fluido, y las unidades de  $Q$  en el S.I  $\text{m}^3/\text{s}$ .

### 3.1. Ecuación de continuidad para cualquier fluido.

La ecuación 3.2 es el enunciado matemático del principio de continuidad. Se utiliza para relacionar la densidad del fluido, el área de flujo y la velocidad de éste en dos secciones del sistema donde existe flujo estable. Es válido para todos los fluidos, ya sea en gases o en líquidos.

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Si el fluido que pasa por la tubería redonda, es un fluido incompresible, entonces los valores de la densidad  $\rho$  son los mismos a ambos lados de la ecuación 3.2. Por tanto, surge otra ecuación para los líquidos.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{Ec. (3.3)}$$

O bien, debido a que  $Q=Av$ , entonces tenemos que  $Q_1=Q_2$ .

### 3.2. Tuberías y tubos disponibles comercialmente.

En esta sección describiremos varios tipos estándar de ductos y tubos utilizados con frecuencia. En anexos tabla III proporcionamos los datos de diámetros interiores y exteriores, espesor de pared y área de flujo, para algunos de ellos. En los tamaños nominales de los ductos existentes comercialmente se menciona la pulgada como unidad, aunque la tendencia es hacer la transición al S.I. Debido a que el tamaño nominal solo se emplea para indicar cierto ducto o tubo.

Es nuestra responsabilidad especificar los ductos y tubería para una aplicación en particular, ya que esto tiene una influencia significativa en el costo, duración, seguridad y rendimiento del sistema. Para muchas aplicaciones es necesario observar los códigos y estándares establecidos por instituciones u organizaciones gubernamentales tales como:

*American Water Works Association (AWWA)*

*American Fire Sprinkler Association (AFSA)*

*National Fire Protection Association (NFPA)*

*ASTM International*

*NSF International*

*International Association of Pumping and Mechanical Officials (IAPMO)*

*International Organization for standardization (ISO)*

### **3.2.1. Tubería de acero.**

Es frecuente construir con tuberías de acero las líneas de propósito general. Los tamaños estándar de tubería se denominan por su tamaño nominal y número de cédula. Los números de cédulas están relacionados con la presión permisible de operación y el esfuerzo permisible del acero en la tubería. El rango de números de cédula va de 10 a 160, y los más altos indican un mayor espesor de pared. Debido a que todas las cédulas de tubería de un tamaño nominal dado tiene el mismo diámetro exterior, las más altas tienen un diámetro interior más pequeño. Al sistema de números de cédula también se le conoce como *Iron Pipe Size* (IPS). Las series más completas de tubería de acero disponible son las cédula 40 y 80. En las tablas III y IV de anexos presentamos datos de estas dos cédulas.

### **3.2.2. Tamaños nominales de tuberías en unidades métricas.**

Debido a la larga experiencia en la fabricación de tuberías estándar de acuerdo con los números de cédula estándar, es frecuente que sigan usando aun cuando las especificaciones del sistema de tubería estén en unidades métricas. Para tales casos, la *International Standards Organization* (ISO) estableció los siguientes conjuntos de equivalencia. El símbolo *DN* denota diámetro nominal en milímetros. En la tabla V de anexos presentamos las equivalencias de los diámetros nominales del sistema ingles al SI.

### **3.2.3. Tubos de acero.**

Se utiliza tubos estándar de acero en sistemas de fluidos de potencia, condensadores, intercambiadores de calor, sistema de combustible de motores y sistema industriales de procesamiento de fluidos. A los tamaños se les denota por medio de su diámetro exterior y espesor de pared. En la tabla VI de anexos presentamos algunos valores de tamaño nominal.

### **3.2.4. Tuberías y tubos plásticos.**

Utilizamos tuberías y tubos plásticos en una variedad amplia de aplicaciones donde tienen ventajas por su peso ligero, facilidad de instalación, resistencia a la corrosión y a los productos químicos, y características de flujo muy buenas. Como ejemplo tenemos la distribución de agua y gas, drenaje y aguas residuales, producción de petróleo y gas, minería, y muchas aplicaciones industriales. También usamos variedades de plástico, como polietileno (Pe), polietileno trenzado (PEX), poliamida (PA), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), cloruro de polivinilo clorado (CPVC), polivinilo fluorado (PVDF), vinilo y nylon.

Debido a que ciertas tuberías y tubo se encuentran en los mismos mercados que los metales, donde ha sido común la existencia de estándares de tamaño especial, muchos productos de plásticos se adecuan a los estándares de

Tamaño de tubería de Hierro (IPS), Tamaño de Tubería de Hierro Dúctil (DIPS) o Tamaño de tubería de cobre (CTS).

Otros sistemas de tubos de plásticos utilizan la Relación de Dimensión Interior Estándar (SIDR) o Relación de Dimensión Estándar (SDR). El sistema SIDR se basa en la razón del diámetro interior promedio especificado al espesor de pares mínimo especificado (ID/t). Se utiliza donde el diámetro interior es crucial para la aplicación. El ID permanece constante y los cambios del OD con el espesor de la pared se adecuan a presiones diferentes y a consideraciones estructurales de manejo. La SDR se basa en la relación del diámetro exterior promedio especificado al espesor de pared mínimo especificado (OD/t). El OD permanece constante y varían el ID y el espesor de la pared. El sistema SDR es útil debido a que la calificación de la presión del tubo se relaciona de manera directa con esta relación. Por ejemplo, para las tuberías de plástico con régimen de esfuerzo de diseño hidrostático de 1,250 PSI (11 MPa), los regímenes de presión para distintos grados SDR lo muestra la tabla 1.

Tabla 1:

*Regímenes de presión.*

<b>SDR</b>	<b>Régimen de presión</b>
26	50 PSI (345 KPa)
21	62 PSI (427 KPa)
17	80 PSI (552 KPa)
13.5	100 PSI (690 KPa)

Fuente: L. Mott Robert. *Mecánica de fluidos* (p.161). Sexta edición (2006).

Estos regímenes de presión son para el agua a 23 °C. En general, las tuberías y tubos de plásticos se especifican hasta 1380 KPa.

### **3.2.5. Velocidad de flujo recomendable en las tuberías.**

Son muchos los factores que influyen para lograr una velocidad de flujo satisfactoria en los sistemas de fluido. Lo más importante son el tipo de fluido, la longitud del sistema de flujo, el tipo de tubería o tubo, la caída de presión que

pueden tolerarse, los dispositivos (bombas, válvulas y otros) que hacen de conectarse a la tubería o tubo, temperatura, presión y ruido.

En la imagen I de anexos proporciona una guía muy general para especificar el tamaño de las tuberías, como función del flujo volumétrico para sistemas comunes de distribución de fluido por medio de bombas. Mott (2006), dice que: “Tomamos los datos de un análisis de flujo volumétrico especificado para muchas bombas centrífugas disponibles comercialmente, cerca de su punto de eficiencia mayor, teniendo en cuenta los tamaños de conexiones de toma y descarga (p. 162). En general, en las líneas de succión que abastecen una bomba se mantiene baja la velocidad, con el objeto de garantizar un llenado apropiado de los pasajes en la entrada de la succión y evitar la cavitación.

Observe que si especificamos un tamaño menor o mayor del que indican las rectas de la imagen I de anexos, no se afectará demasiado al rendimiento del sistema. En general, debe preferirse el tamaño más grande de tubería para lograr una velocidad más baja, a menudo que haya dificultad de espacio, costo o compatibilidad con la conexión dada a la bomba.

Las velocidades de flujo que resultan de los tamaños recomendables en la imagen I de anexos, por lo general son más pequeños para tubería pequeñas que para grandes, como lo muestran la tabla 2.

Tabla 2.

*Tamaños de tubería recomendable para un flujo volumétrico dado.*

Flujo volumétrico		Línea de succión			Línea de descarga		
		Tamaño en pulg.	Velocidad		Tamaño en pulg.	Velocidad	
Gln/min	m <sup>3</sup> /h		Ft/s	m/s		Ft/s	m/s
10	2.3	1	3.7	1.1	¾	6.0	1.8
100	22.7	2 ½	6.7	2.0	2	9.6	2.9
500	114	5	8.0	2.4	3 ½	16.2	4.9
2000	454	8	12.8	3.9	6	22.2	6.8

Fuente: L. Mott Robert. *Mecánica de fluidos* (p.162). Sexta edición (2006).

### 3.3. Conservación de la energía – Ecuación de Bernoulli.

Hay tres formas de energías que se toman siempre en consideración cuando se analiza un problema de flujo de tuberías. Considere un elemento de fluido como el que ilustramos en la figura 3 dentro de la tubería en un sistema de flujo. Se localiza a cierta elevación  $z$ , tiene velocidad  $v$  y presión  $p$ . El elemento de fluido posee las formas de energía siguiente:

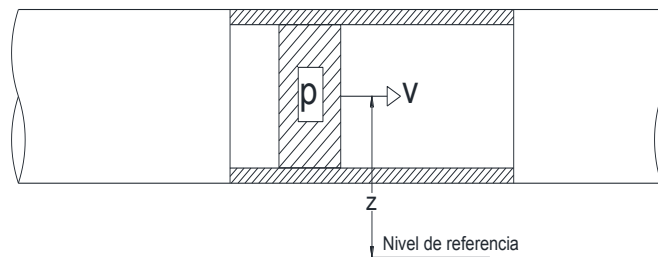


Figura 3. Elemento de fluido en una tubería.

Fuente: L. Mott Robert. *Mecánica de fluidos* (p.166). Sexta edición (2006).

1. *Energía potencial.* Debido a su elevación, la energía potencial del elemento en relación con algún nivel de referencia es:

$$EP: wz \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde  $w$  es el peso del elemento.

2. *Energía cinética.* Debido a su velocidad, la energía cinética del elemento es:

$$EC: \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{Ec. (3.5)}$$

3. *Energía de flujo.* A veces llamada *energía de presión* o *trabajo de flujo*, y representa la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de cierta sección contra la presión  $p$ .

$$EF: wp/\gamma \quad \text{Ec. (3.6)}$$



Si igualamos la suma de estos tres tipos de energía y eliminando la densidad (ya que será la misma el fluido que fluye por la tubería) en dos secciones diferentes de una tubería, obtendremos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Conocida como la *ecuación de Bernoulli*<sup>4</sup>.

### 3.3.1. Interpretación de la ecuación de Bernoulli.

Mott (2006), afirma: “Cada término de la ecuación de Bernoulli es una forma de energía que posee el fluido por unidad de peso del fluido que se mueve en el sistema”.

Debido a que cada término de la ecuación de Bernoulli representa una altura, un diagrama similar la que muestra la figura 4 ayuda a visualizar la relación entre los tres tipos de energía. Conforme el fluido se va moviendo del punto 1 al punto 2, la magnitud de cada término puede cambiar su valor.

Mott Robert (2006), resume que:

*La ecuación de Bernoulli toma en cuenta los cambios en la carga de elevación, carga de presión y carga de velocidad entre dos puntos en un sistema de flujo de fluidos. Se supone que no hay pérdidas ni adiciones de energía entre los dos puntos, por lo que la carga total permanece constante (p.169).*

---

<sup>4</sup> Daniel Bernoulli (Holanda 1700 – 1782) fue un matemático, estadístico, físico y médico. Hizo importantes contribuciones en hidrodinámica y elasticidad.

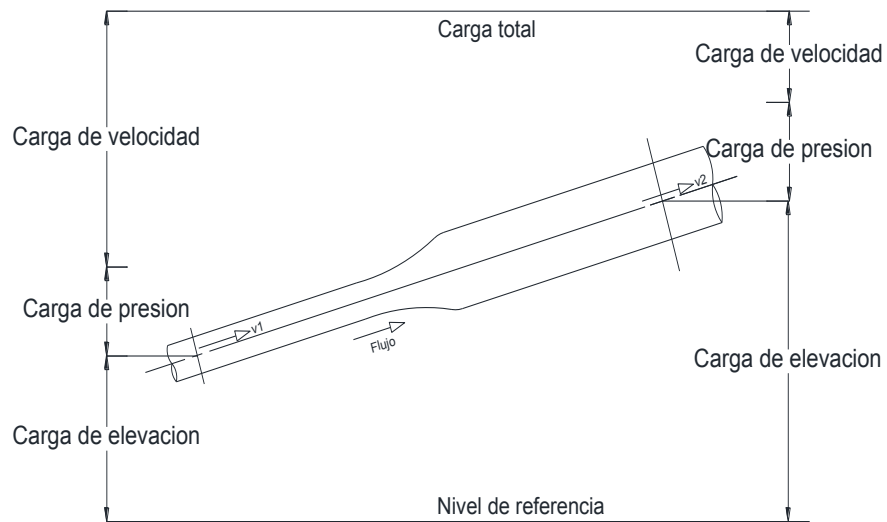


Figura 4. Carga de presión, carga de elevación y carga de velocidad.

Fuente: L. Mott Robert. *Mecánica de fluidos* (p.167). Sexta edición (2006).

## 4. ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA.

### 4.1. Introducción.

En esta parte, aprovecharemos los conocimientos de la ecuación de Bernoulli, a fin de aplicar en la ecuación general de la energía en nuestro sistema de bombeo para calcular la potencia que la bomba necesitará para impulsar desde nuestro reservorio a un tanque que se encuentra a una altura determinada.

### 4.2. Ecuación general de la energía.

Usaremos la ecuación de la energía como una extensión de la ecuación de Bernoulli. En la figura 5 se aprecia la interpretación lógica de la ecuación de la energía, lo cual representa un sistema de flujo. Los términos  $E'_1$  y  $E'_2$  denotan la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente. Se muestran las energías agregadas, removidas y pérdidas  $h_A$ ,  $h_R$  y  $h_L$ . Para un sistema tal, la expresión del principio de conservación de la energía es:

$$E'_1 + h_A - h_R - h_L = E'_2 \quad \text{Ec. (4.1)}$$

La energía que posee el fluido por unidad de peso es:

$$E' = \frac{p}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g}$$

Ec. (4.2)

Entonces la ecuación de la energía se convierte en:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ec. (4.3)

Esta es la forma de la ecuación de la energía que usaremos para calcular nuestro sistema de bombeo. Igual que en la ecuación de Bernoulli, cada término de la ecuación 4.3 representa una cantidad de energía por unidad de peso del fluido. Las unidades en el SI. Son N-m/N o m, las del sistema tradicional de los Estados Unidos son Lb-ft/Lb o Lb.

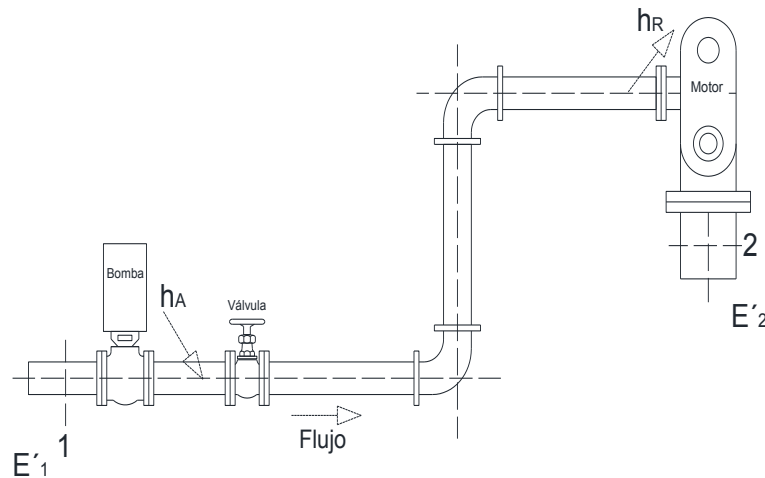


Figura 5. Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación general de la energía.  
Fuente: Mott Robert (p. 203). *Mecánica de fluidos* (2007).

En la figura 5 los puntos de referencia son 1 y 2, nos presenta los tipos de energía que pueden existir. Un impulsor primario, como motor eléctrico, acciona la bomba, y el impulsor de la bomba transfiere energía al fluido ( $+h_A$ ). Después,

el fluido fluye por un sistema de conducción compuesto por *válvulas, codos y tramos de tubería*, donde la energía se disipa del fluido y se pierde ( $-h_L$ ). Antes de alcanzar el punto 2, el fluido circula a través de un motor de fluido, que retira parte de la energía para mover un dispositivo externo ( $h_R$ ). La ecuación general de la energía toma en cuenta todas las energías.

#### 4.3. Potencia que requieren las bombas.

La potencia se define como la rapidez con que se realiza un trabajo. Mott (2006) dice que: “En la mecánica de fluidos (...) se considera que la potencia es la rapidez con que se transfiere energía” (p. 207).

Con la siguiente ecuación podemos encontrar la potencia que requieren las bombas:

$$P_A = h_A \gamma Q \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Donde  $P_A$  se denota la potencia que se le agrega al fluido,  $\gamma$  es el peso específico del fluido que circula a través de la bomba y  $Q$  es el flujo volumétrico de fluido, las unidades en SI. Para la potencia es Watt (o KW).

También podemos decir que:

$$1 \text{ Lb ft/s} = 1.356 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp} = 745.7 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ Lb ft/s}$$

#### 4.4. Eficiencia mecánica de las bombas.

El término *eficiencia* se usa para denotar la relación de la potencia transmitida por la bomba al fluido a la potencia que se suministra a la bomba. Debido a las pérdidas de energía por fricción mecánica de los componentes de la bomba, fricción del fluido y turbulencia excesiva de ésta, no toda la potencia de entrada

se transmite al fluido. Entonces, si se denota la eficiencia mecánica con el símbolo  $e_M$ , tenemos:

$$e_M = \frac{P_A}{P_I} = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{\text{Potencia transmitida a la bomba}} \quad \text{Ec. (4.5)}$$

El valor de  $e_M$  siempre será menor que 1.0.

Para las bombas comercialmente disponibles, el valor de  $e_M$  se publica como parte de los datos de rendimiento.

El valor de la eficiencia mecánica de las bombas no sólo depende del diseño de éstas, sino también en las condiciones en que operan, en particular de las cargas y el flujo volumétrico. Para las bombas utilizadas en sistemas hidráulicos, la eficiencia varía de 70 a 90%. Para las bombas centrífugas, utilizadas sobre todo para transferir o hacer circular líquidos, la eficiencia va de 50 a 85%.

## 5. NÚMERO DE REYNOLDS Y TIPOS DE FLUJOS.

### 5.1. Régimen laminar y turbulento.

El movimiento en *régimen laminar* es ordenado, estratificado: el fluido se mueve como clasificado en capas que no se mezclan entre sí. Así en el primer ejemplo (aceite a pequeña velocidad) el fluido no se desplaza como un cilindro, sino, como se muestra en la figura 6, en forma de tubos concéntricos cilíndricos que deslizan unos con relación a los otros como los tubos de un telescopio. El tubo exterior de fluido queda adherido siempre a la tubería, su velocidad es cero. La velocidad de desplazamiento del filamento interior de sección circular infinitesimal es máxima.

El movimiento en *régimen turbulento* es caótico. Las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se entrecruzan formando pequeños remolinos aperiódicos.

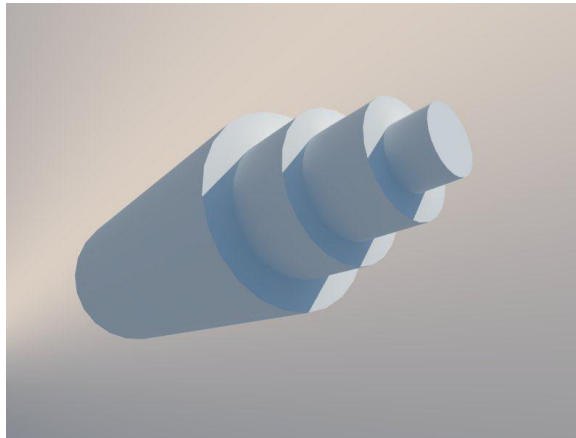


Figura 6. Flujo laminar en una tubería circular.

Fuente: Propia

## 5.2. Número de Reynolds.

Necesitamos saber si el flujo es laminar o turbulento. Se muestra en forma experimental y se verifica de modo analítico, al que hoy se le denomina *número de Reynolds*<sup>5</sup> ( $N_R$ ). La ecuación siguiente demuestra la definición básica del número de *Reynolds*.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta} = \frac{vD}{\nu} \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Los fluidos tienen números de Reynolds grandes debido a la velocidad elevada y/o una velocidad baja, tienden a ser turbulentos. Aquellos fluidos con viscosidad alta y/o que se mueven a velocidad baja, tendrán número de Reynolds bajo y tenderán a comportarse como flujo laminar.

## 5.3. Número de Reynolds crítico.

Para aplicaciones prácticas de flujo en tuberías, encontramos que si el número de Reynolds es menor que 2000, éste será laminar, si el número de Reynolds

---

<sup>5</sup> Osborne Reynolds (Irlanda del norte 1842- Inglaterra 1912), Ingeniero y físico, realizó aportes importantes a la aerodinámica y a la mecánica de fluidos, la más notable fue el número de Reynolds en 1883.

será mayor que 4000, el flujo será turbulento, en el rango del número de Reynolds entre 2000 y 4000 es imposible predecir el flujo que existe, por tanto le denominamos *región crítica*. Entonces, tenemos que:

Si  $N_R < 2000$ , el flujo es laminar;  $N_R > 4000$ , el flujo es turbulento.

#### 5.4. Ecuación de Darcy.

En la ecuación general de la energía

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_L - h_R = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

El término  $h_L$  se determinó como la pérdida de energía en el sistema. Una componente de la pérdida de la energía es la fricción en el fluido que circula. Para el caso de tuberías y tubos, la fricción es proporcional a la carga de velocidad del flujo y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente. Esto se expresa en forma matemática como la ecuación de Darcy<sup>6</sup>:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. (5.2)}$$

Donde:

$h_L$ : Pérdidas de energía debido a la fricción.

$f$ : Factor de fricción (adimensional).

$\frac{L}{D}$ : Relación entre la longitud de la corriente y el diámetro de la tubería.

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular las pérdidas de energía debido a la fricción tanto para flujo laminar como para turbulento. La diferencia entre los dos está en la evaluación del factor de fricción adimensional  $f$ , como se explica en las dos secciones siguientes.

---

<sup>6</sup> Henry Darcy (Francia 1803- 1858) Ingeniero hidráulico, pionero en el campo de abastecimiento de agua.

## 5.5. Pérdidas primarias.

### 5.5.1. Pérdidas por fricción en el flujo laminar.

Debido a que el flujo laminar es tan regular y ordenado, es posible obtener una relación entre la pérdida de la energía y los parámetros mensurables del sistema de flujo. Dicha relación se conoce como la ecuación de *Hagen-Poiseuille*<sup>7</sup>:

$$h_L: \frac{32\eta Lv}{\gamma D^2} \quad \text{Ec. (5.3)}$$

La ecuación de Hagen-Poiseuille es válida sólo para flujos laminares, y la ecuación de Darcy también puede ser usada para flujo laminar, realizando la igualación de ambas ecuaciones, tendremos que:

$$\begin{aligned} f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} &= \frac{32\eta Lv}{\gamma D^2} \\ f &= \frac{32\eta Lv}{\gamma D^2} \times \frac{2Dg}{Lv^2} \\ f &: \frac{64}{N_R} \quad \text{Ec. (5.4)} \end{aligned}$$

### 5.5.2. Pérdida por fricción en el flujo turbulento.

Mott (2006), afirma que: “Cuando hay flujo turbulento en tuberías es más conveniente usar la ecuación de Darcy para calcular la pérdida de energía debido a la fricción” (p. 235). El flujo turbulento es caótico y varia en forma constante. Por estas razones, para determinar el valor de  $f$  debemos recurrir a datos experimentales.

Las pruebas han mostrado que el número adimensional  $f$  depende de otras dos cantidades adimensionales, el número de Reynolds y la rugosidad

---

<sup>7</sup> Gotthilf Hagen (Alemania, 1797- 1884), fue físico e ingeniero hidráulico, que junto a Jean Poiseuille (Francia 1799-1869), médico fisiólogo, físico y matemático, realizaron contribuciones a la mecánica de fluidos.



relativa de la tubería. La rugosidad relativa es la relación del diámetro de la tubería a la rugosidad promedio de su pared  $\varepsilon$  (letra griega, épsilon).

Como se aprecia en la tabla 3, se ha determinado el valor  $\varepsilon$  de la rugosidad promedio de la pared de tubería y tubos existentes comercialmente. *Éstos son solo valores promedios para tubería nuevas y limpias. Es de esperarse cierta variación. Una vez que la tubería ha estado en servicio durante algún tiempo, la rugosidad cambia debido a la corrosión y a la formación de depósitos en la pared.*

Tabla 3.

*Valores de diseño de rugosidad de tubos.*

<b>Material</b>	<b>Rugosidad <math>\varepsilon</math> ( m )</b>	<b>Rugosidad <math>\varepsilon</math> (ft)</b>
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo extruido; Cobre, latón y acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero comercial y soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

Fuente: Mott Robert (p. 235). *Mecánica de fluidos* (2006).

## 5.6. Diagrama De Moody.

Una forma rápida de conocer el factor de fricción es utilizando el diagrama de Moody que se representa en la figura II de anexos.

Se grafica en escala logarítmica tanto a  $f$  como a  $N_R$ , debido al rango tan amplio de valores que se obtiene. A la izquierda d la gráfica, para números de Reynolds menores de 2000, la línea recta muestra la relación  $f = 64/N_R$  para el flujo laminar. Para los valores entre 2000 y 4000 no hay curvas, debido a que esta es la zona crítica entre el flujo laminar y el turbulento, y no

es posible predecir cuál de ellos ocurrirá. Más allá de  $N_R = 4000$ , se grafica la familia de curvas para distintos valores de  $D/\varepsilon$ .

### 5.7. Ecuación para el factor de fricción.

Muchas veces necesitamos realizar cálculos automáticos computacionales, lo que el diagrama de Moody no nos favorece mucho.

La ecuación siguiente permite realizar el cálculo directo del valor del factor de fricción para flujo turbulento, la desarrollaron P. K. Swamee y A. K. Jain.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec. (5.5)}$$

La ecuación 6.5 produce valores de  $f$  que están  $\pm 1.0\%$  dentro del rango de la rugosidad relativa.

En resumen, para calcular el valor del factor de fricción  $f$  cuando se conoce el número de Reynolds y la rugosidad relativa, se emplea la ecuación 5.4 para flujo laminar, y la ecuación 5.5 para el flujo turbulento.

## 6. PÉRDIDAS SECUNDARIAS.

### 6.1. Introducción.

En este capítulo estudiaremos técnicas para analizar sistema de tuberías reales, donde determinaremos las pérdidas de energía que tienen lugar conforme el fluido pasa por dispositivos donde hay agrandamientos en el tamaño de la trayectoria del fluido, reducciones, entrada de fluido de un tanque a una tubería, salida del líquido de una tubería a un tanque, codos, te y válvulas.

Mataix (2007), nos advierte que: “Estas pérdidas, a pesar de llamarse pérdidas *secundarias* pueden ser más importantes que las primarias (...) si la conducción es relativamente corta” (p. 236).

## 6.2. Coeficiente de resistencia.

Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, conforme pasa por cualquier accesorio que esté instalado en la tubería. Por lo general, los valores experimentales de las pérdidas de energía se reportan en términos de un coeficiente de resistencia  $K$  como sigue:

$$h_L = K \left( \frac{v^2}{2g} \right) \quad \text{Ec. (6.1)}$$

En la ecuación 6.1,  $h_L$  es la pérdida menor,  $K$  es el coeficiente (adimensional) de resistencia,  $v$  es la velocidad promedio del fluido, es ciertos casos pueden haber más de una velocidad de flujo, como en las expansiones y contracciones. Es de mayor importancia que sepa cuál velocidad usar en cada coeficiente de resistencia.

## 6.3. Pérdidas a la salida.

Conforme el fluido pasa de una tubería a un depósito o tubería grande, su velocidad disminuye hasta casi cero. El proceso se disipa por energía cinética que el fluido tenía en la tubería, indica por la carga de  $v^2/2g$ . Por lo tanto, la energía perdida por esta condición es:

$$h_L = 1.0 \left( v^2/2g \right) \quad \text{Ec. (6.2)}$$

A esta se le denomina *pérdida a la salida*. El valor  $K = 1.0$  se emplea sin que importe la forma de la salida en el lugar donde el tubo se conecta a la pared del tanque.

## 6.4. Válvulas y acoplamientos – Coeficiente de resistencia.

### 6.4.1. Válvulas.

Podemos definir *válvula* como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza

movible que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

La válvula es uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

#### **6.4.2. Tipos de válvulas y aplicaciones.**

Mencionaremos los tipos de válvulas que usaremos en nuestro proyecto.

##### **1. Válvula de globo.**

Es un tipo de válvula que posee un tapón obturador en forma de cono sujeto y accionado por un vástago para abrir, cerrar o regular el flujo del líquido o gas que pasa por el orificio de paso que se encuentra en el cuerpo de la válvula, ver figura 7.

##### **1.1. Características:**

Estas válvulas permiten regular el paso del fluido, el cual al pasar por la válvula cambia de dirección debido a su diseño por lo que ofrece una gran resistencia a su circulación.

Con estas válvulas es posible alcanzar un cierre hermético. El fluido sufre una desviación en su recorrido en el interior de la válvula y las pérdidas de carga son significativas.

Las válvulas de globo son más costosas que las compuertas y mucho menos comunes. Pueden ser fabricadas en casi cualquier material como en acero al

carbón, acero inoxidable, hierro, PVC, CPVC, bronce, acero forjado y con extremos, roscados, bridados, socket Weld (SW), y Butt Weld.



Figura 7. Válvula de globo.

Fuente: HANNO. Recuperado de: <http://www.hannovalve.es/2-globe-valve.html>

## 1.2. Ventajas y desventajas.

### Ventajas

- a. Son capaces de lograr regular bien al flujo.
- b. Realizan un cierre hermético cuando cuenta con un asiento flexible.
- c. Existen con varios orificios.
- d. Actúan rápidamente.

### Desventajas

- a. Al detener cierta parte del fluido para regularlo, generan una caída de presión dentro de la línea lo que debe de ser considerado en los cálculos técnicos para que esta clase de válvulas y otras circunstancias que hay dentro de la línea no impidan que el fluido deba de llegar hasta donde se requiere.
- b. Son más costosas.

## 2. Válvulas de compuerta.

Las válvulas de compuerta son válvulas que se encargan de abrir o levantar una compuerta o cuchilla para permitir el libre paso de fluidos. Ver figura 8.

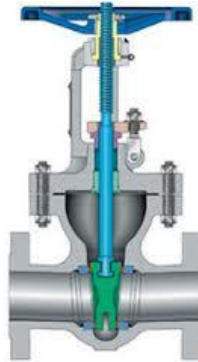


Figura 8. Válvula de compuerta.

Fuente: VELAN. Recuperado de: <http://www.directindustry.fr/prod/velan/vannes-opercule-bride-24371-851409.html>

Se utilizan las válvulas de compuerta cuando sea necesario un caudal de fluido rectilíneo, así como una restricción mínima al paso del mismo, las válvulas de compuerta deben su nombre a la pieza que bloquea o permite el paso de flujo, es una compuerta.

Este tipo de válvula se utiliza totalmente cerrada o abierta, debido a que no están diseñadas para regular flujo lo que indica que deben estar completamente abiertas o completamente cerradas para que sus interiores (asiento y cuña) no sean desgastados prematuramente por el fluido y su presión y así evitar que tenga fugas. Esto motivado a que la compuerta y el asiento se erosionan con rapidez en cualquier posición que no sea la apertura o cierre totales.

### 2.1. Ventajas y desventajas:

Ventajas:

- a. Las válvulas de compuerta ofrecen una mayor capacidad a diferencia de las demás.

- b. Su costo es realmente bajo comparado con todos los beneficios que ofrecen
- c. Cuentan con un diseño y funcionamiento realmente sencillo.
- d. Las válvulas de compuerta ofrecen una mayor capacidad a diferencia de las demás.

Desventajas:

- a. Las válvulas de compuerta no son convenientes para propósitos de estrangulamiento
- b. El control de flujo es difícil debido al diseño de la válvula
- c. El flujo del líquido que golpea contra una compuerta parcialmente abierta puede causar un daño importante en la válvula.
- d. Las válvulas de compuerta no son empleadas para regulación.

3. Válvula de verificación.

La función de una válvula de verificación es permitir el paso del flujo en una dirección y detenerlo en la contraria, podemos observarla en la figura 9, es de tipo giratorio. El uso común de estas válvulas es a la descarga de la bomba de fosas sépticas, donde queremos evitar que el fluido regrese a la bomba o a la fosa.

El otro empleo es cuando se quiere evitar que las bombas centrifugas se queden sin fluido (nuestro caso en este proyecto), entonces, la colocamos aguas abajo de la bomba, de lo contrario, pueden haber daños severos en el dispositivo de bombeo (especialmente bombas centrifugas).



Figura 9. Válvula de compuerta.

Fuente: Praher Valves. Recuperado de: <http://www.directindustry.es/prod/praher-valves-gmbh/valvulas-antirretorno-wafer-11605-503206.html>

#### 4. Válvula de mariposa.

El desarrollo de la válvula de mariposa es más reciente que en otro tipo de válvulas. Una mayor concienciación en el ahorro energético de las instalaciones favoreció su introducción, ya que su pérdida de carga es pequeña. El funcionamiento básico de las válvulas de mariposa es sencillo pues sólo requiere una rotación de  $90^\circ$  del disco para abrirla por completo. La operación es como en todas las válvulas rotativas rápida.

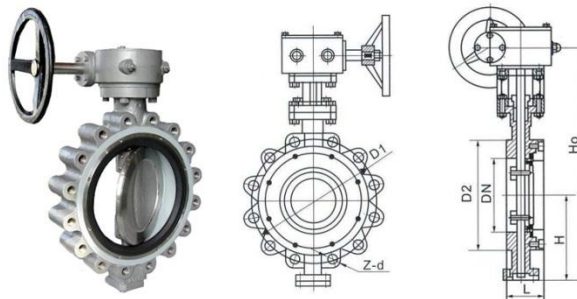


Figura 10. Válvula de mariposa.

Fuente: Xuanda. Válvulas de mariposa tipo LUG. Recuperado de: <http://www.emersonvalve.com/Lug-Type-Butterfly-Valve.html>

##### 4.1. Desventajas

La desventaja principal de una válvula de mariposa es que el disco y el eje se sitúan en la trayectoria del agua. Por lo tanto, las válvulas son diseños inapropiados cuando se requiere un flujo completo.



## 5. Válvula de bola.

En la válvula de bola un macho esférico agujereado controla la circulación del líquido. El sellado en válvulas de bola es excelente, la bola contacta de forma circunferencial y uniforme el asiento, el cual suele ser de materiales blandos.



Figura 11. Válvula de bola.

Fuente: Wikipedia (2014). Válvulas de bola. Recuperado de:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula\\_de\\_bola](http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_bola)

Las aplicaciones más frecuentes de la válvula de bola son de obertura/cierre (ver figura 10). No son recomendables usarlas en servicios de parcialmente abiertas por un largo tiempo bajo condiciones de alta caída de presión a través de la válvula, ya que los asientos blandos pueden tener tendencia a salir de su sitio y obstruir el movimiento de la bola.

### 6.4.3. Acoplamientos.

En mecánica de fluidos, hablar de acoplamientos es referirse a codos, te o a camisa para tuberías, cada cual con su coeficiente de resistencia. Los acoplamientos dirigen la trayectoria de flujo o hacen que cambie de tamaño.

#### 6.4.3.1. Codos.

Un codo es un accesorio para tuberías instalado entre las dos longitudes del tubo para permitir un cambio de dirección, normal mente de 45°, 90° o 180°. También codos para tubos de 60° y otros codos usuales pueden ser fabricados a pedido especial.

#### 6.4.4. Coeficiente de resistencia para válvulas y acoplamientos.

Es importante determinar los datos de resistencia para el tipo particular y tamaño elegidos, porque aquélla depende de la geometría de las válvulas o accesorio de acoplamiento. Así mismo, los fabricantes reportan los datos de diferentes formas.

La pérdida de energía que tiene lugar cuando el fluido circula por una válvula o acoplamiento se calcula con la ecuación 8.1. Sin embargo, el método para calcular el coeficiente de resistencia  $K$  es diferente. El valor de  $K$  se reporta como:

$$K = \left( L_e / D \right) f_T \quad \text{Ec. (6.3)}$$

En la tabla VII anexos están plasmados los valores de  $L_e/D$ , llamado relación

El valor  $L_e$  se denomina longitud equivalente. El termino  $D$  es el diámetro interior de la tubería.

El término  $f_T$  es el factor de fricción en la tubería a la que está conectada la válvula o acoplamiento. La tabla 4 representa una lista de los valores de  $f_T$ .

Tabla 4.

*Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial nueva y limpia.*

Tamaño nominal en tubería (in)	Factor de fricción $f_T$	Tamaño nominal en tubería (in)	Factor de fricción $f_T$
1/2	0.027	3 1/2 - 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8 - 10	0.014
1 1/2	0.021	12 - 16	0.013
2	0.019	18 - 24	0.012
2 1/2 - 3	0.018		

Fuente: Mott Robert (p. 297). *Mecánica de fluidos* (2006).

## 7. BOMBAS – SELECCIÓN Y APLICACIÓN.

### 7.1. Introducción.

Las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de sistemas de tuberías, Pope (2000) dice que: “Las bombas convierten una entrada de energía mecánica en una energía del fluido” (p. 93). En éste capítulo veremos como seleccionar bombas por medios de curvas característica.

Con la siguiente ecuación podemos calcular la carga total de la bomba.

$$h_a = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} - h_L \quad \text{Ec. (7.1)}$$

Algunos fabricantes de bombas se refieren a él como *carga dinámica total* (TDH).

### 7.2. Tipos de bombas.

White (2004), afirma que: “Hay dos tipos de bombas: de desplazamiento positivo y dinámicas o de intercambio de cantidad de movimiento” (p.725)

Las bombas dinámicas son de dos tipos: *centrifugas* y *axiales*. Se caracterizan por la manera en que la energía se convierte desde la alta velocidad del líquido en la entrada a la carga de presión en un paso difuso del fluido. Sin embargo, sus ventajas radican en la salida del gasto hasta cierto punto alto comparado con su tamaño, así como sus bajos costos de mantenimiento. También operan con velocidades relativamente altas.

Las bombas de desplazamiento positivos son de varios tipos, entre ellos bombas reciprocantes, de espiral giratorio y de engranes. Estas bombas operan al forzar un volumen fijo de fluido, desde la sección de presión de entrada a la sección de descarga de la bomba. En las bombas reciprocantes esto se hace de forma intermitente; en otras se lleva a cabo de forma continua.

Nuestro interés es dirigido hacia las bombas cinéticas (especialmente en las centrífugas), por lo tanto, nuestro enfoque se dirigirá hacia éstas.

### **7.2.1. Bombas centrífugas.**

Las bombas centrífugas se fabrican en gran variedad de configuraciones, como las carcasas horizontales, verticales, de división radial y axial. La mejor se elige en función de los requisitos hidráulicos tales como la presión y gastos deseados. Otro punto es que deben considerarse las limitaciones de espacio en el lugar de la instalación, así como la facilidad del mantenimiento.

Los elementos constitutivos son:

1. *Rodete*, que gira solidario con el eje de la máquina y consta de un cierto número de álabes que imparten energía al fluido en forma de energía cinética y energía de presión.
2. *Corona directriz*, que recoge energía del rodete y la transforma en energía cinética comunicada por el rodete en energía de presión, ya que la sección de paso aumenta en esta corona en la guía de flujo. Esta corona directriz no existe en todas las bombas; porque encarecen su construcción; aunque las vuelven más eficientes.
3. *Caja espiral*, que transforma también la energía dinámica en energía de presión, y recoge además con pérdidas mínimas el fluido que sale del rodete, conduciendo hasta la tubería de salida o tubería de impulsión.
4. *Tubo de impulsión troncocónico*, que realiza una tercera etapa de difusión, o sea de transformación de energía dinámica en energía de presión.

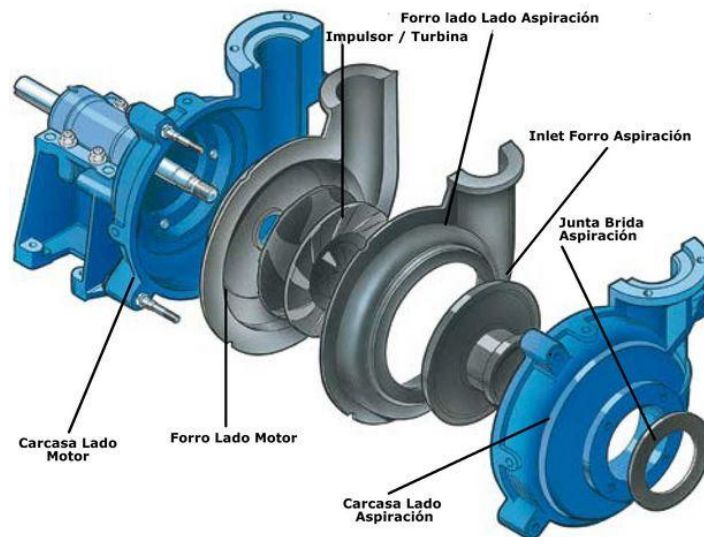


Figura 12. Elementos constitutivos de las bombas centrífugas.

Fuente: Intervenista. Recuperado de: <http://www.intervenista.com>

### 7.3. Datos de rendimiento de una bomba centrífuga.

Debido a que las bombas no son de los tipos de desplazamiento positivo, existe una dependencia fuerte entre la capacidad y la presión que debe desarrollar la bomba. Esto hace que la medición de su rendimiento sea algo complicada. La curva de rendimiento común grafica la carga total sobre la bomba  $h_a$  versus la capacidad o descarga  $Q$ .

La operación normal debe de estar próximo del pico de la curva de eficiencia, las eficiencias por lo común están entre el 60 al 80%, para bombas centrífugas.

### 7.4. El punto de operación de una bomba y la selección de ésta.

El punto de operación de una bomba se define como el flujo volumétrico que enviará cuando se instale en un sistema dado. La carga total que desarrolla una bomba se determina por medio de la resistencia del sistema que corresponde a la misma del flujo volumétrico. La figura 13 ilustra el concepto. La curva de rendimiento de la bomba es la gráfica del flujo volumétrico que la bomba

distribuye como función de la carga total, y a la que está sujeta el sistema que forma parte.

Si observamos la curva A, es la representación del sistema con todas las válvulas abiertas por completo. La curva comienza con un valor específico de carga total correspondiente a un flujo volumétrico igual a cero. Esto ilustra la resistencia del sistema antes que se establezca flujo alguno. Pero la bomba lleva el fluido a la elevación del punto de destino en el sistema y mantiene la presión en dicho lugar. Este punto se le denomina *carga estática*  $h_o$ , donde

$$h_o = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + z_2 - z_1 \quad \text{Ec. (7.2)}$$

Conforme el flujo se incrementa con su aumento correspondiente en carga total, la curva del sistema interseca eventualmente en la curva de rendimiento de la bomba.

Entonces, *el punto de operación de la bomba de este sistema es donde se interseca la curva de éste con la curva de rendimiento de la bomba.*

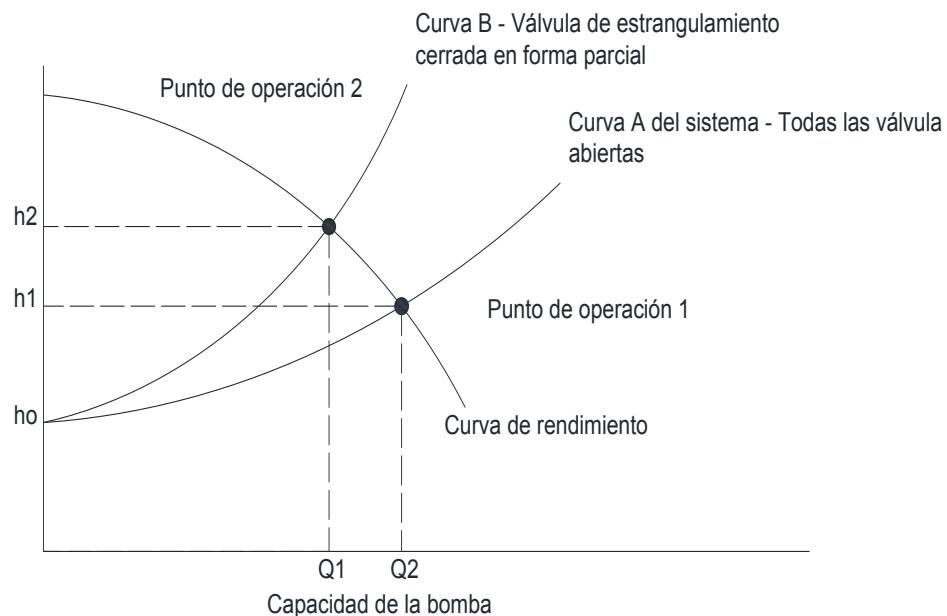


Figura 13. Punto de operación de una bomba.

Fuente: Mott Robert (p.). *Mecánica de fluidos* (2006).

### 7.5. Carga de succión neta positiva.

Una parte importante del proceso de la sección de la bomba es garantizar que la condición del fluido que entra a la bomba sea la apropiada para mantener un flujo completo de líquido. El factor principal es la presión del fluido a la entrada de la bomba, al que es común llamar *puerto de succión*. El diseño de sistema de tubería debe proporcionar una presión suficientemente alta para evitar que se desarrollen burbujas de vapor dentro del fluido en movimiento, condición que recibe el nombre de *cavitación*. La tendencia a la formación de burbujas de vapor depende de la naturaleza del fluido, su temperatura y presión en la succión.

#### 7.5.1. $NPSH_R$ Y $NPSH_A$ .

Los fabricantes de bombas prueban cada diseño para determinar el nivel de la presión de succión que se requiere, con el fin de evitar la cavitación, y reportan los resultados como *la carga de succión positiva neta requerida*,  $NPSH_R$  (en sus siglas en ingles *Net Positive Suction Head*), de la bomba en cada condición de capacidad de operación (flujo volumétrico) y la carga total sobre la bomba. Es responsabilidad del diseñador del sistema de bombeo garantizar que la *carga de succión neta positiva disponible*,  $NPSH_A$ , esté muy por arriba de  $NPSH_R$ .

#### 7.5.2. Cavitación.

Cuando hay cavitación, el rendimiento de la bomba se degrada con severidad conforme el flujo volumétrico desciende. La bomba se hace ruidosa y genera un sonido fuerte e intermitente, como si hubiera grava en el fluido. Si se permitiera que esto continuara, la bomba se destruiría en poco tiempo, debe apagarse rápido e identificar la causa de la cavitación para corregirla antes de iniciar la operación.

La cavitación ocurre cuando se forman burbujas de fluidos. Esto ocurre cuando en la línea de succión existen bajas presiones en exceso y colapsan cuando llega a las zonas de presiones más altas.

### 7.5.3. Presión de vapor.

La propiedad de un fluido que determina las condiciones en que se forman burbujas de vapor en un fluido, es la *presión de vapor*  $p_{vp}$ , que es común reportarla como presión absoluta en KPa o PSla. Cuando en una sustancia existe en equilibrio tanto de vapor como de líquido, hay un balance del vapor que sale del líquido debido a la energía térmica y a la condensación de vapor en el líquido, provocado a su vez por fuerzas de atracción entre moléculas. En estas condiciones el presión del líquido se denomina presión de vapor. En la tabla VIII anexos podremos observar valores de presión de vapor y carga de presión de vapor del agua en función de la temperatura.

### 7.5.4. Cálculo de $NPSH_A$ .

El valor de  $NPSH_A$  depende de la presión de vapor del fluido que se bombea, las pérdidas de energía en el tubo de succión, la ubicación del almacenamiento de fluido y la presión que se aplica a éste. Esto se expresa como

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad \text{Ec. (7.3)}$$

$h_{sp}$  = Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento, se expresa en metros o en pie, y se calcula  $h_{sp} = p_{sp}/\gamma$ .

$p_{sp}$  = Presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito.

$h_s$  = Diferencia de elevación desde el nivel de fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba, se expresa en metro o en pies.

*Si la bomba está debajo del depósito  $h_s$  es positiva, de lo contrario, será negativa.*



$h_f$  = Pérdida de carga en la tubería de succión, debido a la fricción y pérdidas menores, está dado en metros o pies.

$h_{vp}$  = Carga de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, se expresa en metro o pies, y se calcula  $h_{vp} = p_{vp}/\gamma$ .

$p_{vp}$  = Presión de vapor (absoluta) del líquido a la temperatura a que se bombea. En la tabla 9.2 de anexos podremos observar esos valores de presión.

### **7.6. Detalles en la línea de succión.**

La *línea de succión* se refiere a todas las partes del sistema de flujo, desde la fuente del fluido a la entrada de la bomba. Debe tenerse mucho cuidado al diseñar la línea de succión, con el fin de garantizar una *carga de succión neta positiva* adecuada.

Las bombas de desplazamiento positivo pueden elevar fluido cerca de 8 metros, sin embargo, con la mayoría de las bombas centrífugas, la bomba debe iniciarse de forma artificial, llenando la línea de succión con fluido. Esto se realiza con un suministro auxiliar de fluido durante el arranque, o con la creación de un vacío sobre la carcasa de la bomba, lo que ocasiona que el fluido sea succionado desde la fuente. Entonces, la bomba en funcionamiento mantendrá el flujo.

A menos que sepan que el fluido es muy limpio, debe instalarse un filtro en la entrada o en cualquier lugar del tubo de succión, con el objeto de mantener las partículas fuera de la bomba. Una válvula de pie en la entrada, permite el libre flujo hacia la bomba, pero cesa si la bomba se detiene, esto mantiene una columna de líquido sobre la bomba y elimina la necesidad de iniciar la bomba cada vez que arranca. Si se emplea una válvula muy cerca de la bomba, es preferible que se use una válvula de compuerta, ya que este ofrece muy poca resistencia al flujo si está abierta por completo.

Aunque el tamaño del tubo para la línea de succión nunca debe ser más pequeño que la conexión de entrada de la bomba, puede ser algo mayor para reducir la velocidad en la entrada y reducir las pérdidas por fricción. La alineación de la tubería debe eliminar la posibilidad que se formen burbujas o bolsas de aire en la línea de succión, porque esto haría que la bomba perdiera capacidad, y tal vez arranque. Las tuberías largas deben tener pendiente hacia arriba, en dirección de la bomba. Debe evitarse los codos en un plano horizontal. Si se requiriera un reductor, debe de ser del tipo excéntrico, los concéntricos pueden formar bolsas de aire.

### **7.7. Detalles en la línea de descarga.**

En general, la línea de descarga debe ser tan corta y directa como sea posible, para minimizar la carga sobre la bomba, los codos deben ser del tipo estándar o de radio largo, si fuera posible. Debe seleccionarse el tamaño de la tubería de acuerdo con la velocidad o las pérdidas por fricción permisibles.

La línea de descarga debe contener una válvula cerca de la bomba para permitir que se dé el servicio a ésta o se remplace. La válvula actúa con la que está en la línea de succión para aislar la bomba. Por razón de resistencia baja, es preferible una válvula de mariposa. Si el flujo debe regularse durante el servicio, es mejor emplear una válvula de globo, porque permite un estrangulamiento suave a la descarga. En efecto, esto aumenta la carga del sistema y ocasionará que disminuya la entrega de la bomba.

## **V. ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.**

## **a. DISEÑO METODOLÓGICO**

Nuestra monografía corresponde a una investigación del tipo descriptiva, debido a que hace más preciso un fenómeno ya estudiado, este fenómeno es el abastecimiento de agua mediante una bomba hidráulica, donde lo precisamos para una comunidad que cuenta con veinte familias.

Obtención de la información: La información a usarse para el desarrollo de este trabajo se ha adquirido por medio de registros (información acerca de la comunidad, facilitada por la Alcaldía de El Rama), entrevistas realizadas a los habitantes de la comunidad y la documentación bibliográfica (libros y páginas web) complementada por las recomendaciones del tutor.

El procedimiento seguido para la elaboración del diseño presentado en este trabajo monográfico es el siguiente:

- Determinación del consumo total de agua.
- Definición del sitio cuyas condiciones (temperatura y topografía) son de referencia para el diseño del sistema de bombeo.
- Calculo la potencia de la bomba.
- Selección de la bomba (por medio de las curvas de rendimiento).
- Selección del tanque y su estructura.
- Selección del panel solar y su respectivo banco de baterías.
- Selección de accesorios (cables, tuberías, válvulas).

## **b. Análisis del proyecto.**

La comunidad María Cristina cuenta con un total de veinte familias, sumando un total de 78 personas, una encuesta realizada a cada jefe de familia en la primera semana de noviembre muestra la demanda de agua que los pobladores consumen por día, los datos los presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 5.

*Cantidad real de consumo de agua por familia de la comunidad María Cristina.*

Familia n°	Cantidad de personas	Cantidad de agua que usan por día (barriles)
1	3	1
2	5	2
3	5	2
4	4	2
5	3	1
6	4	2
7	2	1
8	5	2
9	3	1
10	4	2
11	5	2
12	4	2
13	3	1
14	5	2
15	3	1
16	7	3
17	3	1
18	4	2
19	3	1
20	3	1
Total	78	32

Fuente: Propia

Actualmente las personas de la comunidad ocupan un total de 32 barriles (5,088 litros) de agua al día para realizar sus actividades diarias. Según normas de “Diseño de abastecimiento de agua en área rural” y “Saneamiento básico rural” del INAA (tales datos fueron facilitados por el Centro de Producción más Limpia), cada personas que vive en ciudades necesitan 120 litros de agua por día, en

cambio, en las áreas rurales (a como es nuestro caso), cada personas solamente necesitan de 60 a 80 litros de agua por día, por lo tanto, tomando en cuenta estos datos, podemos decir que la demanda nominal será de 6,420 litros.

### **C. Proyección de la población.**

Usando el método geométrico<sup>8</sup> que se aplica a localidades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantiene creciendo a una tasa fija, es proporcional al tamaño de la población en un determinado tiempo.

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará la formula siguiente<sup>9</sup>:

$$P_n = P_o + (1 + r)^n$$

Donde:

$P_n$ : Población del año n.

$P_o$ : Población Actual.

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño, expresado en notación decimal.

n: número de años que comprende el periodo de diseño.

Realizando una proyección de 20 años a una tasa de crecimiento poblacional del 2% (ver Tabla XI de Anexo), la comunidad contará con 116 personas aproximadamente, y con los datos estadísticos de la OMS, necesitaremos 9,280 litros de agua por día para suplir a la comunidad.

$$P_n = 78 + (1 + 0.02)^{20}$$

$$P_n = 116 \text{ personas}$$

---

<sup>8</sup> Este método se utiliza para niveles de complejidad bajo, medio y medio alto, para poblaciones de actividad económica importante, el crecimiento es GEOMETRICO si el aumento de población es proporcional al tamaño.

<sup>9</sup> Normas técnicas para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99) INAA – Ente regulador.

#### d. Fuente de extracción de agua.

La comunidad cuenta con un manantial como fuente principal de agua, los pobladores lo recubrieron con concreto en su superficie para que este no se contamine, y por medio de un tubo PVC de dos pulgadas extraen el agua (ver Anexos F). A partir del flujo de agua que sale de este tubo realizamos las mediciones de caudales, tales mediciones las realizamos mes a mes desde inicios de noviembre hasta inicios de junio, obteniendo los resultados que muestran la imagen 14 y tabla 6:

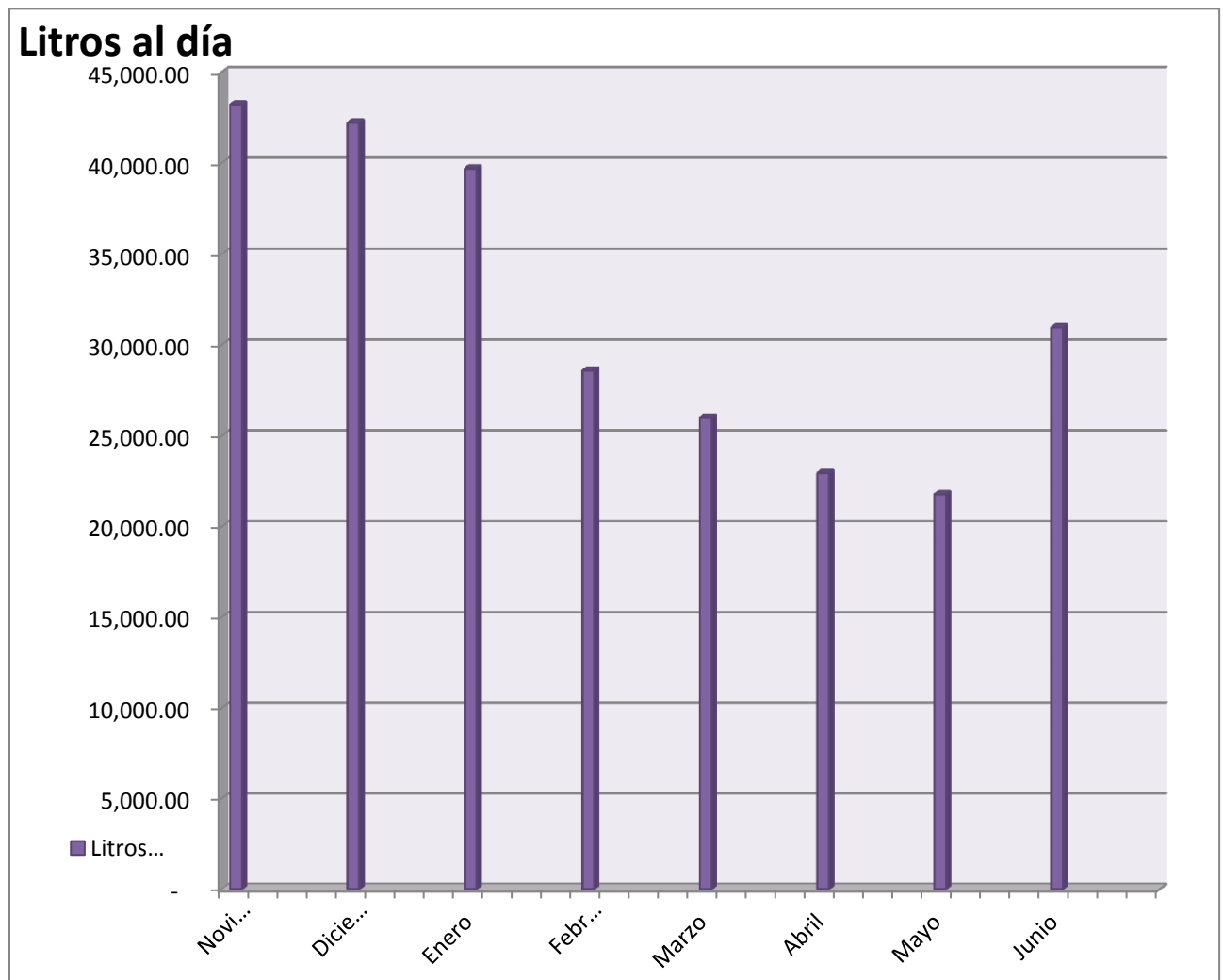


Imagen 14. Grafica de mediciones mensuales de caudal de la fuente de agua.

Fuente: Propia

Tabla 5:

*Mediciones mensuales de caudal de la fuente de agua.*

Mediciones		Volumen lts	Tiempo S	Caudal Lts/s	Caudal por dia en litros
Noviembre	1	9	17.93	0.5	43,216.01
			18.14		
			17.91		
		Tiempo promedio	17.99		
Diciembre	2	9	18.22	0.489	42,214.98
			18.44		
			18.6		
		Tiempo promedio	18.42		
Enero	3	7	15.3	0.460	39,711.10
			14.97		
			15.42		
		Tiempo promedio	15.23		
Febrero	4	7	21.2	0.331	28,577.73
			21.32		
			20.97		
		Tiempo promedio	21.163		
Marzo	5	8.74	29.12	0.30	26,003.31
			28.8		
			29.2		
		Tiempo promedio	29.04		
Abril	6	8.74	34.39	0.27	22,947.81
			32.59		
			31.74		
		Tiempo promedio	32.91		
Mayo	7	2	8.32	0.25	21,781.51
			7.94		
			7.54		
		Tiempo promedio	7.93		
Junio	8	9	25.56	0.36	30,955.41
			24.87		
			24.93		
		Tiempo promedio	25.12		
Promedio					31,925.98

Fuente: Propia



#### **e. Reservorio y tanque de abastecimiento.**

Teniendo en cuenta las modificaciones realizadas a la fuente de agua, haremos un reservorio de concreto para almacenar el agua que sale del manantial (ver Anexos H), el reservorio tendrá la capacidad de almacenar 10,000 litros de aguas ( $10\text{m}^3$ ), y por medio de una bomba hidráulica transportar el fluido hacia un tanque con la misma capacidad, donde ambos se llenarán por completo tres veces al día, sabiendo esto, tendremos un flujo de 30,000 litros al día, con esto superando la proyección realizada.

Considerando la topografía del terreno en la comunidad, se realizará la construcción de una torre de 8 metros de alto, con su escalera para acceso, tal torre estará sobre una base de concreto y reforzado con varillas de acero (ver Anexos H).

#### **f. Topografía del terreno.**

La comunidad se encuentra asentada sobre un relieve accidentado.

A como podemos observar en anexos F y H, la fuente de agua se encuentra a 16 metros de profundidad con respecto al nivel de las casas, esto debido a las características del terreno.

#### **g. Desinfección del agua.**

El agua debe ser exenta de organismos patogénicos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físico químicos que garanticen su buena calidad.

Existen varias sustancias químicas para desinfectar el agua, siendo el cloro, el más usado universalmente, dadas sus propiedades oxidantes y su efecto residual para evitar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química más económica y con mejor control y seguridad que se puede aplicar al agua para obtener su desinfección.

El cloro se presenta puro en su forma líquida, o compuesta como hipoclorito de calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco o pastilla, y el hipoclorito de sodio de configuración líquida.

El procedimiento a seguir para el tratamiento y desinfección del agua para el consumo humano, por medio del hipoclorito de sodio, es el que se describe a continuación:

El hipoclorito de sodio es la solución más fácil dosificar y más cómoda de utilizar para la desinfección del agua de consumo humano. Es un líquido que se puede obtener en concentraciones de 0.5 a 10%. La dosis recomendada para la desinfección, según las normas del INAA y MARENA<sup>10</sup> es entre 1 y 5 mg/L. La dosis dependerá de la claridad o turbiedad del agua.

Se utilizan dosis mayores de 4 mg/L, para aguas turbias y muy contaminadas; sin embargo, a esas concentraciones, el agua tendrá un sabor muy fuerte y desagradable.

## **VI.MEMORIA DE CÁLCULO.**

### **a. Cálculo de potencia de la bomba.**

Antes de iniciar con el cálculo de la potencia de la bomba, debemos conocer el caudal que requerimos.

Supongamos que el reservorio está totalmente lleno y requerimos transportar todo el fluido al tanque de abastecimiento en una hora, y sabiendo que la capacidad del reservorio será de 10 m<sup>3</sup>, entonces nuestro caudal será de 10m<sup>3</sup>/hr.

Iniciemos usando la ecuación de la energía, donde:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

---

<sup>10</sup> Norma NTON 09 006 – 11. Esta norma fue aprobada y publicada en el diario la Gaceta No. 148 el 7 de Agosto de 1998.

Donde el punto 1 es la superficie del reservorio, y el punto 2 es la superficie del tanque. Ambos depósitos están abiertos a la atmosfera. También sabemos que no hay ningún dispositivo que extraiga energía del sistema (así como turbinas o motores de fluido). Esto es:

$$\frac{p_1}{\gamma} : 0 \quad \frac{p_2}{\gamma} : 0 \quad h_R : 0$$

La ecuación 5.3 se nos reduce a:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_L = z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Debido a que los depósitos son considerablemente grandes, la velocidad en la que el fluido se desplaza verticalmente dentro de ellos, la consideramos despreciable, por esto resulta que:

$$\frac{v_1^2}{2g} \approx 0 ; \quad \frac{v_2^2}{2g} \approx 0$$

Nuestra ecuación se ha reducido a:

$$z_1 + h_A - h_L = z_2$$

Nuestra ecuación solo tomará en cuenta *la altura piezométrica*<sup>11</sup>, *las diferencias de altura* y *las pérdidas* en el sistema.

Nuestra prioridad es conocer la potencia de la bomba, que está dada por:

$$P_A = h_A \gamma Q$$

Tenemos que nuestro caudal es 10 m<sup>3</sup>/hr y el peso específico del agua a 35°C es 9.75 KN/m<sup>3</sup> (según tabla I de anexos A). Necesitamos encontrar la carga total para introducirla en la ecuación 5.1. Entonces:

$$h_A = z_2 - z_1 + h_L$$

---

<sup>11</sup> Algunos autores se refieren como Carga total a la altura piezométrica.

La altura entre los puntos de referencia que corresponde a la superficie del reservorio ( $z_1$ ) y la superficie del tanque de abastecimiento ( $z_2$ ) equivale a 30 metros. Nuestro enfoque ahora se basará en encontrar las pérdidas que actúan en el sistema.

Comenzaremos por calcular las pérdidas por fricción del sistema, debemos conocer el tipo de flujo que actúa a través del sistema, para esto es necesario calcular el *Número de Reynolds* dado por la ecuación 5.1.

Dividiremos los cálculos en dos partes, la primera consiste en la línea de succión de la bomba, la segunda parte a la descarga de la bomba.

Línea de succión (Parte 1):

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta}$$

Donde  $v$  es la velocidad del fluido y está dado por:

$$Q = v \times A$$

Entonces:

$$v = Q/A$$

$A$  es la sección transversal de la tubería en la línea de succión.

La figura I de anexos B, nos muestra las recomendaciones de tamaños de tubería en dependencia del flujo volumétrico. Por tanto para un flujo volumétrico de  $10 \text{ m}^3/\text{hr}$  ( $44 \text{ galn/min}$ ) en la línea de succión nos muestra una tubería de 2 pulgadas de diámetro nominal, la tabla III de anexos A nos muestra las dimensiones para tubería cédula 40, donde tenemos que para la tubería de 2 pulgadas, el diámetro interior es de 52.5 mm y la sección transversal  $A$  es  $2.168 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ .

Al tener el valor de la sección transversal, procedemos a calcular la velocidad del fluido:

$$v = \frac{10m^3/hr}{2.168 \times 10^{-3}m^2} = 4,612.54 m/hr$$

$$v = 1.28m/s$$

Según tabla I de anexos A la viscosidad dinámica  $\eta$  para el agua a 35°C es  $7.18 \times 10^{-4}$  Pa-s y para la densidad  $\rho$  nos muestra un valor de 994 Kg/m<sup>3</sup>.

Sustituyendo valores en la ecuación 6.1, tenemos:

$$N_R = \frac{(1.28m/s)(52.5 \times 10^{-3}m)(\frac{994Kg}{m^3})}{7.18 \times 10^{-4}Pa - s}$$

$$N_R = 93,123.53$$

Sabemos que si  $N_R < 2000$  el flujo es laminar, y si  $N_R > 4000$  el flujo es turbulento. En el capítulo 5 mostramos las ecuaciones correspondientes para los tipos de flujo, en este caso el flujo es de tipo turbulento, donde aplicaremos el diagrama de Moody (figura II de anexos B) o realizar la formula empírica de Swamee y Jain (ecuación 6.5) para encontrar el factor de fricción.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7(D/\epsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Podemos encontrar el valor  $D/\epsilon$  haciendo uso de la tabla 4: Para tuberías de hierro galvanizado  $\epsilon$  equivale:  $1.5 \times 10^{-4}m$ , y un diámetro interno de 52.5 mm, entonces  $D/\epsilon$ : 350. Entonces:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7(350)} + \frac{5.74}{93,123.53^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.026$$

Con el valor del factor de fricción  $f$ , podemos encontrar el valor de la pérdida por fricción  $h_L$  en la línea de succión dada por la ecuación 5.2:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde  $L$  es la longitud de la tubería en la línea de succión y  $D$  el diámetro.

$$h_L = 0.26 \times \frac{3.2m}{52.5 \times 10^{-3}m} \times \frac{(1.28m/s)^2}{2(9.8m/s)}$$

$$\mathbf{h_{L1} = 0.132m}$$

Procedemos a calcular las pérdidas de energía que ocasionan los accesorios, así como; las válvulas, codos y las expansiones o contracciones que sufre el flujo.

Hemos seleccionado para nuestro sistema de bombeo las siguientes válvulas a la succión de la bomba:

Una válvula de pie con alcachofa, una válvula de retención y una válvula de compuerta; comúnmente las válvulas de retención se les puede añadir un filtro como accesorio, así podemos usarlo como válvulas de pie y retención a la vez.

Para calcular las pérdidas que ocasionan las válvulas usamos ecuación 7.1:

$$h_L = K \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

El coeficiente de resistencia  $K$  se reporta en la forma:

$$K = (L_e/D)f_t$$

Al ingresar los tres coeficientes de resistencia  $K$  a la ecuación, obtenemos:

$$h_L = (L_e/D)_1 f_t \left( \frac{v^2}{2g} \right) + (L_e/D)_2 f_t \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Sacando factor común:

$$h_{L2} = [(L_e/D)_1 + (L_e/D)_2] \times \left[ f_t \left( \frac{v^2}{2g} \right) \right]$$

Los valores de  $(L_e/D)$  varían con respecto al diseño de las válvulas, tales valores los podemos ver en la tabla VII de anexos A,  $(L_e/D)_1$  corresponde a la válvula de pie tipo bisagra y  $(L_e/D)_2$  corresponde a la válvula de compuerta.  $f_t$  es el factor de fricción en la zona de turbulencia completa.

$$h_{L2} = [(75) + (8)] \times \left[ 0.019 \left( \frac{(1.28m/s)^2}{2 \times 9.8m/s^2} \right) \right]$$

$$\mathbf{h_{L2} = 0.132m}$$

En la parte de succión tenemos un codo a 90° donde su coeficiente de resistencia  $K$  es igual a  $30f_t$ , entonces:

$$h_{L3} = 30f_t \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_{L3} = 30 \times 0.019 \left( \frac{(1.28m/s)^2}{2 \times 9.8m/s^2} \right) = \mathbf{0.048m}$$

En la línea de descarga (parte 2):

Seguimos el mismo procedimiento de la parte 1, encontrando el tipo de flujo a la línea de descarga, con el número de *Reynolds*.

La velocidad del flujo a la descarga varia, ya que el diámetro de la tubería será menor.

Tenemos que los siguientes datos:

Diámetro nominal: 1 ½".

Diámetro interno: 40.9mm; sección transversal:  $1.31 \times 10^{-3} m^2$

Por tanto la velocidad de flujo a la descarga de la bomba:

$$v = \frac{10m^3/hr}{1.31 \times 10^{-3}m^2} = 7,633.6 \text{ m/hr}$$

$$v = 2.12m/s$$

$$N_R = \frac{(2.12m/s)(40.9 \times 10^{-3}m)(994Kg/m^3)}{7.18 \times 10^{-4}Pa \cdot s}$$

$$N_R = 120,038.65$$

Con ese valor entendemos que el flujo es turbulento. Por tanto, usaremos la formula empírica de Swamee y Jane para encontrar el factor de fricción  $f$  a la salida de la bomba  $D/\varepsilon$ : 272.7.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7(272.7)} + \frac{5.74}{120,038^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0289$$

Sustituyendo valores en la ecuación 6.2:

$$h_L = 0.0289 \times \frac{60m}{40.9 \times 10^{-3}m} \times \frac{(2.12m/s)^2}{2(9.8m/s^2)}$$

$$h_{L4} = 8.11m$$

Ahora calculamos las pérdidas secundarias.

En esa sección usaremos: Dos válvulas de globos, una válvula de alivio y dos codos a 45°. Los cálculos se realizan de la misma forma:

$$h_{L5} = [2(L_e/D)_3 + (L_e/D)_4] \times \left[ f_t \left( \frac{v^2}{2g} \right) \right]$$

$$h_{L5} = [2(340) + (1)] \times \left[ 0.022 \left( \frac{(2.12m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} \right) \right]$$

$$h_{L5} = 3.43m$$



Codos a 45°.

$$h_{L6} = 2(15)f_t \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_{L6} = 2(26)0.022 \left( \frac{(2.12m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} \right)$$

$$\mathbf{h_{L6} = 0.26m}$$

Al final de la tubería, existe una expansión súbita donde también actúan pérdidas, está denotado por siguiente ecuación:

$$h_{L7} = 1 \left( \frac{v^2}{2g} \right) = \left( \frac{(2.12m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} \right) = \mathbf{0.23m}$$

Ahora, la sumatoria total de todas las pérdidas, la agregamos a nuestra ecuación para encontrar la carga total:

$$h_A = z_2 - z_1 + \sum h_{LT}$$

$$h_A = z_2 - z_1 + (h_{L1} + h_{L2} + h_{L3} + h_{L4} + h_{L5} + h_{L6} + h_{L7})$$

$$h_A = 30m + (0.132 + 0.132 + 0.048 + 8.11 + 3.43 + 0.26 + 0.23)m$$

$$h_A = 30m + 11.7124m$$

$$h_A = 42.34 m$$

Agregamos al cálculo un factor de servicio de 1.20.

$$\mathbf{h_A = 51 m}$$

Teniendo el valor de la carga total, podemos encontrar la potencia de la bomba.

$$P_A = 50m \times 9.75KN/m^3 \times 10 m^3/hr \left( \frac{1 hr}{3600 s} \right)$$

$$P_A = 1.38 \text{ KW}$$

O bien:

$$P_A = 1.85 \text{ hp}$$

### **b. Cálculo de la Carga de succión neta positiva disponible NPSHA.**

Tenemos que

$$NPSHA = h_{sp} - h_s - h_f - h_{vp}$$

$$NPSHA = h_{sp} - h_s - h_f - h_{vp}$$

$$\text{Si } h_{sp} = \frac{P_{abs}}{\gamma} = \frac{101.3 \text{ Kpa}}{9.75 \text{ KN/m}^3} = 10.38 \text{ m}$$

$h_s$  es la altura desde el punto más bajo que se encuentra el fluido hasta la succión en la bomba, esto equivale aproximadamente a 3m.

$h_f$  es la sumatoria de las pérdidas a la entrada, esto es 0.3m

$h_{vp}$  lo obtenemos por medio de la tabla VIII de anexos.  $h_{vp} = 0.45 \text{ m}$

$$NPSHA = 10.38 - 3 - 0.3 - 0.45 = 6.63 \text{ m}$$

Mott (2006) nos afirma que: “Es responsabilidad del diseñador (...) garantizar que la *carga de succión neta disponible*, *NPSHA*, este muy por arriba de la *NPSHR*” (p. 413).

La *Carga de succión neta requerida*, *NPSHR*, lo reportan los fabricantes de las bombas.

### **c. Selección de la bomba por medio de las curvas características.**

En la práctica, la selección de las bombas es muy fácil, si conocemos el caudal requerido y la *carga total de bomba*, podemos iniciar la búsqueda por medio de las gráficas que contienen las curvas que caracterizan a cada bomba hidráulica,

donde tenemos que cuidar la eficiencia, la cual debe de mostrarse dentro de las gráficas, de esta forma encontraremos la potencia necesaria para nuestra bomba. Pope (2000) señala que: “La potencia necesaria para operar una bomba depende de dos propósitos: el primero, sobrepasar todas las pérdidas en los circuitos de flujo relacionados; segundo: suministrar energía al fluido para la tarea específica” (p. 98).

De este modo, podemos realizar nuestra selección si: nuestro caudal requerido  $Q = 10 \text{ m}^3/\text{hr}$  y nuestra *Carga Total*  $h_A = 51 \text{ m}$ , observemos la figura 15, donde nos muestra el valor real de la potencia requerida.

En el eje de las abscisas podemos observar el caudal que está entre 10 y 12  $\text{m}^3/\text{h}$  (50 gpm), y en el eje de las ordenadas la carga de la bomba que está entre 50 y 60 metros (175 pies). Observemos en la parte superior, nos indica el rango de operación de la bomba (Pump operating range) y el rango de mayor eficiencia (Best efficiency range), y nuestra bomba se encuentra dentro de esos rangos, por tanto, la potencia necesaria será de **3 hp**.

Datos de la bomba:

Marca: STA – RITE

Potencia: 3 HP

Voltaje: 230 V monofásico.

Más detalles de la bomba lo podemos observar en anexo H, ficha técnica de la bomba.

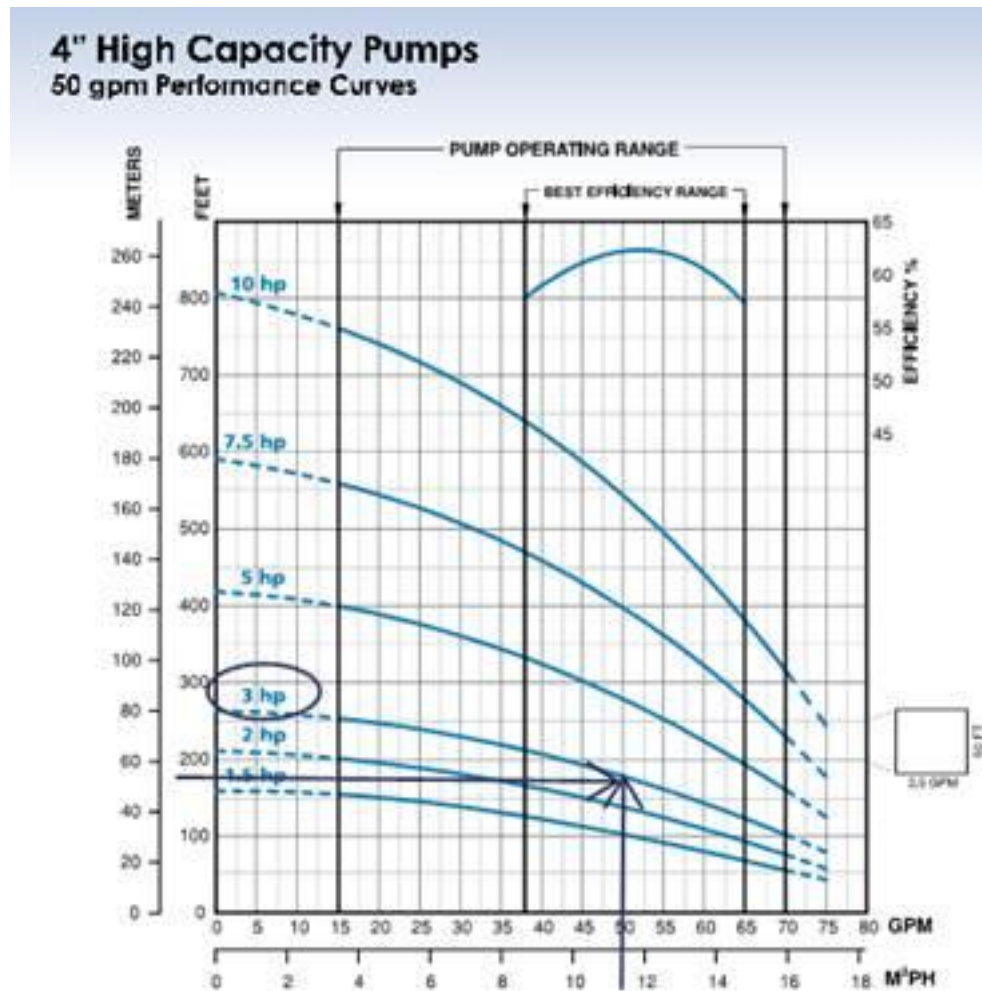


Figura 15. Curvas características de la bomba.  
Fuente: AQUATEC (Por medio de STA-RITE).

#### **d. Potencia necesaria para el suministro de energía eléctrica a la bomba hidráulica.**

Primero recordemos que la potencia de nuestra bomba será de 3 hp o 2.24 KW, donde está impulsará un flujo de agua de 10m³/hr, donde lo hará tres veces en el día. Esto será:

$$P = 2.24 \text{ KW} \times 3\text{hr} = 6.72\text{KW}$$

Por medio de la siguiente ecuación calculamos la potencia total que entregarán los paneles solares:

$$P_{total} = (6.72KW \times 1.15 \times 1.2) = 9.2KW$$

$P_{total}$ : Es la cantidad de KWh necesarios que requiere el sistema.

1.15: Es el factor de corrección de *corriente continua* a *corriente alterna*, pasando por el inversor, considerando una eficiencia del 85% en la conversión a plena carga del equipo.

1.2: Es el factor de seguridad de sobre dimensionamiento, esto toma en cuenta el envejecimiento del panel y baterías, suciedad sobre los paneles, fallas en conexiones eléctricas.

#### **e. Calculo de paneles solares necesarios.**

Sabemos que el consumo de energía será aproximadamente 6.71 kWh al día, apoyándonos por medio de la figura III de anexos B, tenemos que la radiación solar en la costa Caribe de Nicaragua es de 5 kW/m<sup>2</sup>/día.

Tenemos la siguiente ecuación para encontrar la potencia pico:

$$P_p: 1200 \times 6.71 / 5: 626.4 \text{ Watt}$$

En nuestro caso los paneles tendrán una potencia de 200 w cada uno, por tanto tendremos entre 3 y 4 paneles para nuestro sistema. Ver anexo E, cotizaciones.

#### **f. Acumuladores.**

Al momento de realizar el cálculo de KWh que necesitamos, los suplidores se encargan de presentarnos la cantidad de baterías que necesitamos, así nuestro caso, podemos observar en anexos D, los suplidores nos recomiendan seis baterías de 105 amperios.

#### **g. cantidad de baterías necesarias.**

Siendo 6.71KWH el consumo de electricidad de nuestro equipo, cada batería tendrá una capacidad de 105AMP. Tenemos que:

Amperios hora: 6.71 kWh / 12 V  
Amperios hora: 280  
Cantidad de baterías: 280amp/105amp  
Cantidad de baterías: 5 a 6  
(Ver anexo E)

#### **h. Sistema de protección de la bomba.**

La selección de los elementos de protección se realizó de acuerdo a las tablas X y XI de anexos. Primero nos dirigimos a seleccionar el conductor por medio de la tabla IX de anexos, sabemos que la potencia de nuestra bomba es de 3 hp, entonces nuestra bomba consumirá entre 11 a 12 amperios a 240 voltios, por tanto, elegimos un conductor de calibre 14, tal conductor tiene una capacidad máxima de corriente de 20 amperios.

La selección del *contactor* y *guardamotor* se realiza de la misma manera, si empleáramos un contactor de la marca Telemecanique, tendríamos uno serie LC1D09.

#### **i. Automatización.**

En el sistema se emplearán dos sensores de sequía, uno para el reservorio y el otro para el tanque, su función será la siguiente:

Cuando el reservorio este lleno de agua, este mandará a encender la bomba, cuando llegue a niveles muy bajos de agua, este la mandará a apagar.

El caso contrario ocurre con el tanque, cuando este esté lleno mandará a apagar la bomba y cuando esté vacío a encender.

Estos sensores estarán conectados a los contactos auxiliares del contactor, los cuales tendrán la disposición de NI y NO (normalmente abierto y normalmente cerrado), para que puedan cumplir con el trabajo deseado.

## **VII.COSTO DEL PROYECTO.**

Los costos del proyecto lo podemos observar en la tabla 9, allí contemplamos el equipo de bombeo, tubería para el sistema de bombeo, las abrazaderas y bases para sostener la tubería, válvulas y codos, el arrancador suave (que contempla la protección y mando), paneles solares y accesorios, el tanque y torre para tanque. También incluimos los materiales para fabricar el reservorio, el tanque, torre de tanque y base de concreto, tuberías PVC y accesorios para distribución de agua a la población.

Tabla 7.

*Costo de equipos y de materiales para llevar a cabo la obra.*

Item	Descripción	Precio en dólares	Lugar	Referencia de proforma
1	Bomba centrífuga	3,762.61	AQUATEC	34637
2	Paneles solares y accesorios	2,884.19	TECNOSOL	7062014
3	Tuberías y válvulas del sistema de bombeo	567.62	SINSA	105522
4	Arrancador suave	937.16	ING. FRANCISCO RIVERA BUSTOS	2014_538
5	Tanque de almacenamiento de agua de 10,000 litros	1,568.10	ROTOCAS	DL-250614-01
6	Torre de tanque	4,550.00	Metalúrgica Martínez	
7	Materiales para base para torre de agua y reservorio.	1,848.85	SINSA	493397
8	Tuberías y accesorios para distribución de agua	3,276.85	SINSA	159825
9	Accesorios para sostener tubería	155.87	SINSA	159920
<b>Costo total en dólares</b>		<b>19,551.25</b>		

Fuente: Propia.



## **VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## CONCLUSIONES

Una vez realizado el diseño del sistema de bombeo para el abastecimiento de agua a la comunidad María Cristina Guido se procede con las breves conclusiones:

- ✓ Mediante entrevistas realizadas a cada jefe de familia se determinó que cada persona usa aproximadamente 65. 23 litros por día. Según normas de INAA en las zonas rurales las personas usan 120 litros de agua por día.
- ✓ El tanque de abastecimiento de agua tendrá una capacidad de almacenamiento de 10,000 litros.
- ✓ Según las gráficas de rendimiento, la bomba más adecuada para nuestro sistema tiene los siguientes datos:
  - a.** Marca: STA – RITE
  - b.** Potencia: 3 HP
  - c.** Voltaje: 230 V monofásico.
- ✓ La selección de los paneles solares, acumuladores y accesorio fue la siguiente:
  - d.** 3 módulos solares de 200 watt cada uno.
  - e.** 6 baterías de 105 amperios cada una.
  - f.** Un regulador de carga.
  - g.** Un inversor de 2000 watt.
- ✓ Realizamos el diseño de la red de tuberías, ver anexos H (Juego de planos) lámina 4, también podemos observar los planos constructivos del sistema de bombeo, de lámina 5 a la 7 .
- ✓ Por medio de tablas IX, X y XI se realizó la selección de los equipos de protección, los cuales son:
  - h.** Cable TSJ 2X14.
  - i.** Guardamotor de 14 a 20 amperios.

- j.** Contactor de 25 amperios con bobina de 230 voltios.
- ✓ El costo total del proyecto es de 19,551.25 dólares americanos, este valor lo obtuvimos por medio de cotizaciones realizadas entre Mayo y Julio de 2014.

### **RECOMENDACIONES.**

- k.** Realizar una prueba de bombeo definitiva, esto para comprobar si la bomba está suministrando en caudal adecuado.
- l.** Realizar un análisis físico – químico y bacteriológico del agua que permitirá definir el tratamiento más idóneo en base a los criterios y normas emitidas por el INAA y el MINSA.
- m.** Consumir el agua especialmente para las necesidades humanas.
- n.** No utilizar el agua para riego de cultivo o para baño de animales.
- o.** Almacenar el agua en recipientes limpios para su posterior consumo.
- p.** Mantener el nivel de cloro entre 0.5 y 1mg/L, para evitar un sabor desagradable del agua.
- q.** Una vez que el agua este clara y en un recipiente limpio, entonces debe agregarse, el cloro líquido, en cantidad adecuada.
- r.** Agitar bien el recipiente donde se está desinfectando el agua, para que mezcle completamente.
- s.** Dejar reposar el agua por 30 minutos, para que el cloro elimine las bacterias presentes.
- t.** El cloro líquido, solo debe ser manejado por adultos.
- u.** No desinfectar al agua de consumo humano con el cloro comercial de lavado de ropa, porque contiene compuestos químicos peligrosos para la salud.
- v.** Colocar un cercado para proteger la fuente y los equipos.
- w.** Mantener fondos monetarios para enfrentar reparaciones eventuales.

x. Sembrar árboles y evitar el despale cerca de la fuente de agua para conservarla.

## **IX. BIBLIOGRAFÍA.**

Gussow, M. (1997). *Fundamentos de la electricidad*. México: Schaum.

Mataix, C. (2007). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas* (2<sup>da</sup> ed.). México: Alfaomega.

Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos* (6<sup>ta</sup> ed.). México: Pearson/Prentice Hall.

Pope, J. (2000). *Soluciones prácticas para el ingeniero mecánico*. México: Mc Graw Hill.

Streeter, V.L., Wylie, E.B., Bedford, K.W. (9<sup>na</sup> ed.). *Mecánica de fluidos*. Colombia: Mc Graw Hill.

## X. REFERENCIA DE PÁGINAS WEB.

Saifa. (2003) *Válvulas de alivio (II)*. España:

<http://www.siafa.com.ar/notas/nota163/valvulas2.htm>

Márquez, A. (2012). *Válvula de verificación tipo giratoria, Mecánica de fluidos*.

<http://prezi.com/3ey4zgbzccpx/valvula-de-verificacion-tipo-giratorio/>

Pulgar, L. (2004). *Válvulas de seguridad*. Chile:

<http://html.rincondelvago.com/valvulas-de-seguridad.html>

Hispavista. *Estimación de la población, Método geométrico:*

<http://tustop.galeon.com/index.htm#%C3%8DNDICE>

Molina, J. (2014). *Contactores*. Argentina:

<http://www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm>

Club de Ing. Electromecánica. (2008). *Parte 01 (Contactores, reles de sobrecarga)* Bolivia: <http://es.slideshare.net/xMorfe0x/parte-01-contactores-reles-sobrecarga-guardamotores-presentation>

Pesa, E. (2010). *Como funcionan los paneles solares?* Argentina:

<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/6593306/Como-Funcionan-los-Paneles-Solares.html>

Salazar, R. (2012). *Conductores eléctricos presentación*.

<http://es.slideshare.net/rsalazar4/conductores-electricos-presentacion>

**ANEXOS A.**

**TABLAS**

Tabla I.

*Propiedades del agua. Unidades del S.I (101KPa abs).*

<b>Temperatura °C</b>	<b>Peso específico <math>\gamma</math> (KN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad <math>\rho</math>(Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Viscosidad Dinámica <math>\eta</math>(Pa*s)</b>	<b>Viscosidad Cinemática <math>\nu</math>(m<sup>2</sup>/s)</b>
<b>0</b>	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
<b>5</b>	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
<b>10</b>	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
<b>15</b>	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
<b>20</b>	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
<b>25</b>	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
<b>30</b>	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
<b>35</b>	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
<b>40</b>	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
<b>45</b>	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
<b>50</b>	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
<b>55</b>	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
<b>60</b>	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
<b>65</b>	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
<b>70</b>	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
<b>75</b>	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
<b>80</b>	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
<b>85</b>	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
<b>90</b>	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
<b>95</b>	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
<b>100</b>	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

Fuente: Mott Robert (2006). *Mecánica de fluidos* (p. 589).

Tabla II.

*Flujos volumétricos comunes.*

$m^3/h$	Flujo volumétrico $L/min$	Gal/min	
0.9 – 7.5	15 – 125	4 – 33	Bombas reciprocantes que manejan fluidos pesados y compuestos acuoso de lodos.
0.6 – 6.0	10 – 100	3 – 30	Sistemas hidráulicos de aceites industriales.
6.0 – 36	100 – 600	30 – 150	Sistemas hidráulicos para equipos móviles.
2.4 – 270	40 – 4,500	10 – 1,200	Bombas centrifugas en procesos químicos.
12 – 240	200 – 4,000	50 – 1000	Bombas para control de flujo y drenajes.
2.4 – 900	40 – 15,000	10 – 4000	Bombas centrifugas para manejar desechos de minería.
108 - 570	1,800 – 9,500	500 – 2,500	Bombas centrifugas de sistema contra incendio.

Fuente: Mott Robert (2006). *Mecánica de fluidos* (p. 155).



Tabla III.

*Dimensiones de tuberías de acero para cédula 40.*

Tamaño nominal de tubería Pulgadas	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior		Flujo de área	
	in	mm	in	mm	in	mm	Ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	6.8	394x10 <sup>-4</sup>	3.66 x10 <sup>-5</sup>
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	9.2	723x10 <sup>-4</sup>	6.717 x10 <sup>-5</sup>
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	12.5	133x10 <sup>-3</sup>	1.236 x10 <sup>-4</sup>
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	15.8	211x10 <sup>-3</sup>	1.96 x10 <sup>-4</sup>
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	20.9	37 x10 <sup>-3</sup>	3.437 x10 <sup>-4</sup>
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	26.6	6 x10 <sup>-3</sup>	5.574 x10 <sup>-4</sup>
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	35.1	1039 x10 <sup>-2</sup>	9.653 x10 <sup>-4</sup>
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	40.9	1414 x10 <sup>-2</sup>	1.314 x10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	52.5	2333 x10 <sup>-2</sup>	2.168 x10 <sup>-3</sup>
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	62.7	3326 x10 <sup>-2</sup>	3.09 x10 <sup>-3</sup>
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	77.9	5132 x10 <sup>-2</sup>	4.768 x10 <sup>-3</sup>
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	90.1	6868 x10 <sup>-2</sup>	6.381 x10 <sup>-3</sup>
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	102.3	884 x10 <sup>-2</sup>	8.213 x10 <sup>-3</sup>
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	128.2	0.139	1.291 x10 <sup>-2</sup>
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	154.1	0.2	1.864 x10 <sup>-2</sup>
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	202.7	0.347	3.226 x10 <sup>-2</sup>
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.02	254.5	0.547	5.090 x10 <sup>-2</sup>
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.94	303.2	0.777	7.219 x10 <sup>-2</sup>
14	14.00	355.6	0.437	11.10	13.12	333.4	0.94	8.729 x10 <sup>-2</sup>
16	16.00	406.4	0.500	12.70	15.00	381.0	1.227	0.114
18	18.00	457.2	0.562	14.27	16.87	428.7	1.553	0.1443
20	20.00	508.0	0.593	15.06	18.81	477.9	1.931	0.1794
24	24.00	609.6	0.687	17.45	22.62	574.7	2.792	0.2594

Fuente: Mott Robert (2006). *Mecánica de fluidos* (p. 601).

Tabla IV.

*Dimensiones de tuberías de acero para cédula 80.*

Tamaño nominal de tubería Pulgadas	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior		Flujo de área	
	in	mm	in	mm	in	mm	Ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
1/8	0.405	10.3	0.095	2.41	0.215	5.5	253 x10 <sup>-4</sup>	2.35 x10 <sup>-5</sup>
1/4	0.540	13.7	0.119	3.02	0.302	7.7	497 x10 <sup>-4</sup>	4.617 x10 <sup>-5</sup>
3/8	0.675	17.1	0.126	3.20	0.423	10.7	976 x10 <sup>-4</sup>	9.067 x10 <sup>-4</sup>
1/2	0.840	21.3	0.147	3.73	0.546	13.9	1625x10 <sup>-3</sup>	1.51x10 <sup>-4</sup>
3/4	1.050	26.7	0.154	3.91	0.742	18.8	300 x10 <sup>-3</sup>	2.787 x10 <sup>-4</sup>
1	1.315	33.4	0.179	4.55	0.957	24.3	499 x10 <sup>-3</sup>	4.636 x10 <sup>-4</sup>
1 1/4	1.660	42.2	0.191	4.85	1.278	32.5	891 x10 <sup>-3</sup>	8.278 x10 <sup>-4</sup>
1 1/2	1.900	48.3	0.200	5.08	1.500	38.1	1227 x10 <sup>-2</sup>	1.140 x10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.218	5.54	1.939	49.3	2051 x10 <sup>-2</sup>	1.905 x10 <sup>-3</sup>
2 1/2	2.875	73.0	0.276	7.01	2.323	59.0	2944 x10 <sup>-2</sup>	2.735 x10 <sup>-3</sup>
3	3.500	88.9	0.300	7.62	2.900	73.7	4590 x10 <sup>-2</sup>	4.264 x10 <sup>-3</sup>
3 1/2	4.000	101.6	0.318	8.08	3.364	85.4	6174 x10 <sup>-2</sup>	5.736 x10 <sup>-3</sup>
4	4.500	114.3	0.337	8.56	3.826	97.2	7986 x10 <sup>-2</sup>	7.419 x10 <sup>-3</sup>
5	5.563	141.3	0.375	9.53	4.813	122.3	0.1263	1.173 x10 <sup>-2</sup>
6	6.625	168.3	0.432	10.97	5.761	146.3	0.181	1.682 x10 <sup>-2</sup>
8	8.625	219.1	0.500	12.7	7.625	193.7	0.317	2.949 x10 <sup>-2</sup>
10	10.750	273.1	0.593	15.06	9.564	242.9	0.498	4.632 x10 <sup>-2</sup>
12	12.750	323.9	0.687	17.45	11.376	289.0	0.705	6.555 x10 <sup>-2</sup>
14	14.00	355.6	0.750	19.05	12.50	317.5	0.852	7.916 x10 <sup>-2</sup>
16	16.00	406.4	0.842	21.39	14.314	363.6	1.117	0.1038
18	18.00	457.2	0.937	23.80	16.126	409.6	1.418	0.1317
20	20.00	508.0	1.031	26.19	17.938	455.6	1.755	0.1630
24	24.00	609.6	1.218	30.94	21.564	547.7	2.535	0.2344

Fuente: Mott Robert (2006). *Mecánica de fluidos* (p. 602).

Tabla V.

*Tamaños nominales de tubería en unidades métricas.*

Tamaño estándar tradicional (in)	Tamaño métrico <i>DN</i> (mm)	Tamaño estándar tradicional (in)	Tamaño métrico <i>DN</i> (mm)	Tamaño estándar tradicional (in)	Tamaño métrico <i>DN</i> (mm)
1/8	6	6	150	30	750
1/4	8	8	200	32	800
3/8	10	10	250	36	900
1/2	15	12	300	40	1000
3/4	20	14	350	42	1100
1	25	16	400	48	1200
1 1/4	32	18	450	54	1400
1 1/2	40	20	500	60	1500
2	50	22	550	64	1600
2 1/2	65	24	600	72	1800
3	80	26	650	80	2000
4	100	28	700	88	2200

Fuente: Mott Robert (2006). *Mecánica de fluidos* (p. 159).

Tabla VI.

*Dimensiones de tubería de acero.*

TAMAÑO NOMINAL		CED	DIÁMETRO INTERIOR		PARED		PRESIÓN RUPTURA		PRESIÓN INT. DE TRABAJO		PRESIÓN DE APLASTAMIENTO		PRESIÓN EXTERIOR		PESO APROXIMADO	
pg	mm		Pulg.	mm	Pulg.	mm	(PSI)	Kg / cm <sup>2</sup>	(PSI)	Kg / cm <sup>2</sup>	(PSI)	Kg / cm <sup>2</sup>	(PSI)	Kg / cm <sup>2</sup>	lb/pie	Kg / Mt
1/4"	6,350	10	0,540	13,716	0,065	1,651	16980	1194	4240	298	720	506	1800	127	0,330	0,490
		40	II	II	0,088	2,235	23900	1680	5970	420	9800	689	2450	172	0,425	0,632
		80	II	II	0,119	3,02	34100	2397	8520	599	13400	942	3350	235	0,540	0,804
3/8"	9,525	10	0,675	17,145	0,065	1,651	13300	935	3320	233	5640	396	1410	99	0,424	0,630
		40	II	II	0,091	2,311	19260	1354	4810	338	8160	574	2040	143	0,568	0,844
		80	II	II	0,126	3,2	28000	1968	7000	492	11280	793	2320	198	0,746	1,110
1/2"	12,700	5	0,840	21,336	0,065	1,651	10510	739	2630	185	4320	304	1080	76	0,538	0,800
		10	II	II	0,083	2,108	13670	961	3420	240	5800	408	1450	102	0,671	0,998
		40	II	II	0,109	2,768	18470	1298	4610	324	7800	548	1950	137	0,851	1,266
3/4"	19,500	80	II	II	0,147	3,734	25944	1824	6486	456	11260	792	2815	192	1,098	1,634
		5	1,050	26,670	0,065	1,651	8300	583	2070	145	3250	228	813	57	0,684	1,062
		10	II	II	0,083	2,108	10750	756	2690	189	4440	312	1110	78	0,857	1,275
1"	25,400	40	II	II	0,113	2,87	15010	1055	3750	264	6360	447	1590	112	1,131	1,682
		80	II	II	0,154	3,912	21184	1488	5296	372	9272	652	2318	163	1,487	2,213
1 1/4"	31,750	5	1,315	33,401	0,065	1,651	6550	460	1640	115	2380	167	595	42	0,868	1,291
		10	II	II	0,109	2,768	11320	796	2830	199	4720	332	1180	83	1,404	2,088
		40	II	II	0,133	3,378	14040	987	3510	247	6000	422	1500	105	1,679	2,498
1 1/2"	38,100	80	II	II	0,179	4,547	19476	1369	4689	342	8532	600	2133	150	2,192	3,262
		5	1,660	42,164	0,065	1,651	5150	362	1290	91	1690	119	422	30	1,107	1,646
		10	II	II	0,109	2,768	8830	621	2210	155	3520	247	881	62	1,806	2,686
2"	50,800	40	II	II	0,14	3,556	11530	811	2880	202	4800	337	1200	84	2,273	3,382
		80	II	II	0,19	4,851	16156	1136	4039	284	7052	496	1763	124	3,025	4,502
2 1/2"	63,500	5	1,900	48,260	0,065	1,651	4480	315	1120	79	1375	97	344	24	1,274	1,895
		10	II	II	0,109	2,768	7660	538	1920	135	2960	208	741	52	2,085	3,102
		40	II	II	0,145	3,683	10370	729	2590	182	4280	301	1070	75	2,718	4,044
3"	76,200	80	II	II	0,2	5,08	14656	1030	3664	258	6364	448	1591	112	3,666	5,455
		5	2,375	60,325	0,065	1,651	3560	250	890	63	936	66	234	16	1,607	2,386
		10	II	II	0,109	2,768	6060	426	1520	107	2150	151	537	38	2,638	3,924
3 1/2"	88,900	40	II	II	0,154	3,911	8720	613	2180	153	3440	242	861	61	3,653	5,434
		80	II	II	0,218	5,537	12632	888	3158	222	5420	381	1355	92	5,070	7,545
4"	101,600	5	2,875	73,025	0,083	2,108	3760	264	940	66	1030	72	257	18	2,475	3,682
		10	II	II	0,12	3,048	550	387	1380	97	1870	131	468	33	3,531	5,253
		40	II	II	0,203	5,516	9550	671	2390	168	3860	271	966	68	5,793	8,618
5"	127,000	5	3,500	88,900	0,083	2,108	3080	217	770	54	712	50	178	13	3,029	4,506
		10	II	II	0,12	3,048	4490	316	1120	79	1390	98	347	24	4,332	6,445
		40	II	II	0,216	5,486	8270	581	2070	146	3250	228	813	57	7,576	11,271
6"	152,400	5	4,000	101,600	0,83	2,108	2690	189	672	47	532	37	133	9	3,472	5,165
		10	II	II	0,12	3,048	3920	276	980	69	1105	78	276	19	4,973	7,398
		40	II	II	0,226	5,74	7540	530	1890	133	2900	204	725	51	9,919	13,552
8"	203,200	5	4,500	114,300	83	2,108	2390	168	596	42	382	27	96	7	3,915	5,824
		10	II	II	120	3,048	3470	244	867	61	894	63	224	16	5,613	8,351
		40	II	II	0,237	6,019	7000	492	1750	123	2600	183	650	46	10,790	16,053
10"	254,000	5	6,625	168,275	0,109	2,77	2130	150	531	37	270	19	68	5	7,585	11,290
		10	II	II	0,134	3,4	2630	184	655	46	504	35	126	9	9,289	13,826
		40	II	II	0,28	7,11	5580	392	1395	98	1915	135	479	34	0,019	28,234
12"	304,800	5	8,625	219,075	0,109	2,77	1630	114	407	28	122	9	31	2	9,914	14,757
		10	II	II	0,148	3,77	2220	156	555	39	310	22	78	5	1,340	19,946
		40	II	II	0,322	8,179	4908	345	1227	86	1596	112	399	28	28,820	42,890
14"	354,000	5	10,750	273,050	0,134	3,4	1605	113	401	28	120	8	30	2	15,190	22,610
		10	II	II	0,165	4,19	1980	139	495	35	220	15	55	4	18,700	27,835
		40	II	II	0,365	9,271	4452	3134	1113	78	1360	96	340	24	40,860	60,820
16"	406,400	5	12,750	323,850	0,156	3,96	1575	111	394	28	114	8	29	2	22,180	33,015
		10	II	II	0,188	4,57	1820	128	455	32	173	12	43	3	24,200	36,022
		40	II	II	0,375	9,525	3840	270	960	67	1040	73	260	18	50,020	74,460

Fuente: Equipamientos y suministros S.AC. *Tubos de acero inoxidable*. Recuperado de <http://www.eysac.pe/productos-tubos.html>

Tabla VII.

*Resistencia en válvulas y acoplamientos, expresados en longitud equivalente en diámetros de tubería.*

Tipo	Longitud equivalente en diámetro de tubería. $L_e/D$
Válvula de globo – abierta por completo	340
Válvula de ángulo – abierta por completo	150
Válvula de compuerta – abierta por completo	8
- $\frac{3}{4}$ abierta	35
- $\frac{1}{2}$ abierta	160
- $\frac{1}{4}$ abierta	900
Válvula de verificación – tipo giratorio	100
Válvula de verificación – tipo bola	150
Válvula de mariposa – abierta por completo, de 2 a 8" de diámetro.	45
- 10 a 14 pulgadas	35
- 16 a 24 pulgadas	25
Válvula de pie – tipo vástago	420
Válvula de pie – tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a $90^\circ$	30
Codo estándar a $90^\circ$ con radio largo	20
Codo roscado a $90^\circ$	50
Codo estándar a $45^\circ$	16
Codo roscado a $45^\circ$	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar	20
Te con flujo en el ramal	60

Fuente: Mott Robert (2006). *Mecánica de fluidos* (p. 297)

Tabla VIII.

*Presión de vapor y carga de presión de vapor del agua.*

Temperatura °C	Presión de vapor KPa (abs)	Peso específico KN/m <sup>3</sup>	Carga de presión de vapor (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.08894
10	1.228	9.804	0.1253
20	2.338	9.789	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.758
50	12.33	9.690	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.25
80	47.34	9.53	4.967
90	70.1	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

Fuente: Mott Robert (2006). *Mecánica de fluidos* (p. 413).

Tabla IX.

*Calibre de conductores.*

CALIBRE		CONSTRUCCIÓN		ESPESORES		DIAMETRO EXTERIOR Aprox. Mm	PESO Kg./Km	CAP. MAXIMA DE CORRIENTE			
		N° HEBRAS	Ø mm	AISL. mm	REV. mm			THWN (75°)		THHN (90°)	
								A	B	A	B
ALAMBRES											
14	AWG	1	1,63	0,38	0,10	2,69	22,48	20	30	25	35
12		1	2,05	0,38	0,10	3,01	34,17	25	35	30	40
10		1	2,59	0,51	0,10	3,81	54,52	35	50	40	55
CABLES											
14	AWG	7	0,61	0,38	0,10	2,81	24,06	20	30	25	35
12		7	0,77	0,38	0,10	3,30	36,62	25	35	30	40
10		7	0,97	0,51	0,10	4,17	58,35	35	50	40	55
8		7	1,23	0,76	0,13	5,48	94,85	50	70	55	80
6		7	1,56	0,76	0,13	6,45	145,62	65	95	75	105
4		7	1,96	1,02	0,15	8,22	232,62	85	125	95	140
3		7	2,20	1,02	0,15	8,95	288,14	100	145	110	165
2		7	2,47	1,02	0,15	9,76	357,49	115	170	130	190
1		19	1,69	1,27	0,18	11,33	460,73	130	195	150	220
1/0		19	1,89	1,27	0,18	12,36	569,79	150	230	170	260
2/0		19	2,13	1,27	0,18	13,50	707,59	175	265	195	300
3/0		19	2,39	1,27	0,18	14,80	882,09	200	310	225	350
4/0		19	2,68	1,27	0,18	16,30	1.101,60	230	360	260	405
250	MCM	37	2,09	1,52	0,20	18,04	1.314,00	255	405	290	455
300		37	2,29	1,52	0,20	19,44	1.564,00	285	445	320	505
350		37	2,47	1,52	0,20	20,74	1.815,00	310	505	350	570
400		37	2,64	1,52	0,20	21,94	2.063,00	355	545	380	615
500		37	2,95	1,52	0,20	24,14	2.562,0	380	620	430	700
750		61	2,82	1,78	0,25	29,10	3.740,00	475	785	535	885

Fuente: Tecnored. Conductores de cobre desnudo. Recuperado de <http://www.tecnored.cl/productos/2010/05/24/conductores-de-cobre-desnudo/>

Tabla X.

*Selección de Contactores.*

Referencia TeSys	HP220V	HP440V	AC3	AC1	Contactos Auxiliares
LC1D09..	3	5,5	9	25	1NA+1NC
LC1D12..	4	7,5	12	25	1NA+1NC
LC1D18..	5,5	12	18	32	1NA+1NC
LC1D25..	7,5	15	25	40	1NA+1NC
LC1D32..	10	20	32	50	1NA+1NC
LC1D38..	12	25	38	50	1NA+1NC
LC1D40..	15	30	40	60	1NA+1NC
LC1D50..	20	40	50	80	1NA+1NC
LC1D65..	25	50	65	80	1NA+1NC
LC1D80..	30	61	80	125	1NA+1NC
LC1D95..	34	68	95	125	1NA+1NC
LC1D115..	40	80	115	200	1NA+1NC
LC1D150..	54	108	150	200	1NA+1NC

Fuente: Ramirez R (2009). Sistema de protección para motores electricos. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos66/sistema-transporte-aire-comprimido/sistema-transporte-aire-comprimido3.shtml>

Tabla X.

*Selección de guardamotores.*

Tipo	Rango de Aplicación	Potencia del Motor (kW)	Potencia del Motor a 110 V (hp)	Potencia del Motor a 220 V (hp)	Potencia del Motor a 440 V (hp)
DLVU130-MG	1 ~ 1,6	0,37 / 0,5	-	0,25	0,5
DLVU130-MH	1,6 ~ 2,4	0,75	0,25	0,5	1
DLVU130-MJ	2,4 ~ 4	1,1 / 1,5	0,5	1	2
DLVU130-MK	4 ~ 6	2,2	0,75	1,5	3
DLVU130-ML	6 ~ 10	3 / 4	1,5	3	7,5
DLVU130-MM	10 ~ 16	7,5	2	5	10
DLVU130-MN	14 ~ 20	7,5	3	7,5	10
DLVU130-MP	18 ~ 25	11	3	7,5	15

Fuente: Cellaux (2012). Guardamotores serie DLVU13. Recuperado de <http://www.cellaux.com/catalogo/guarda-motores-serie-dlvu13/>

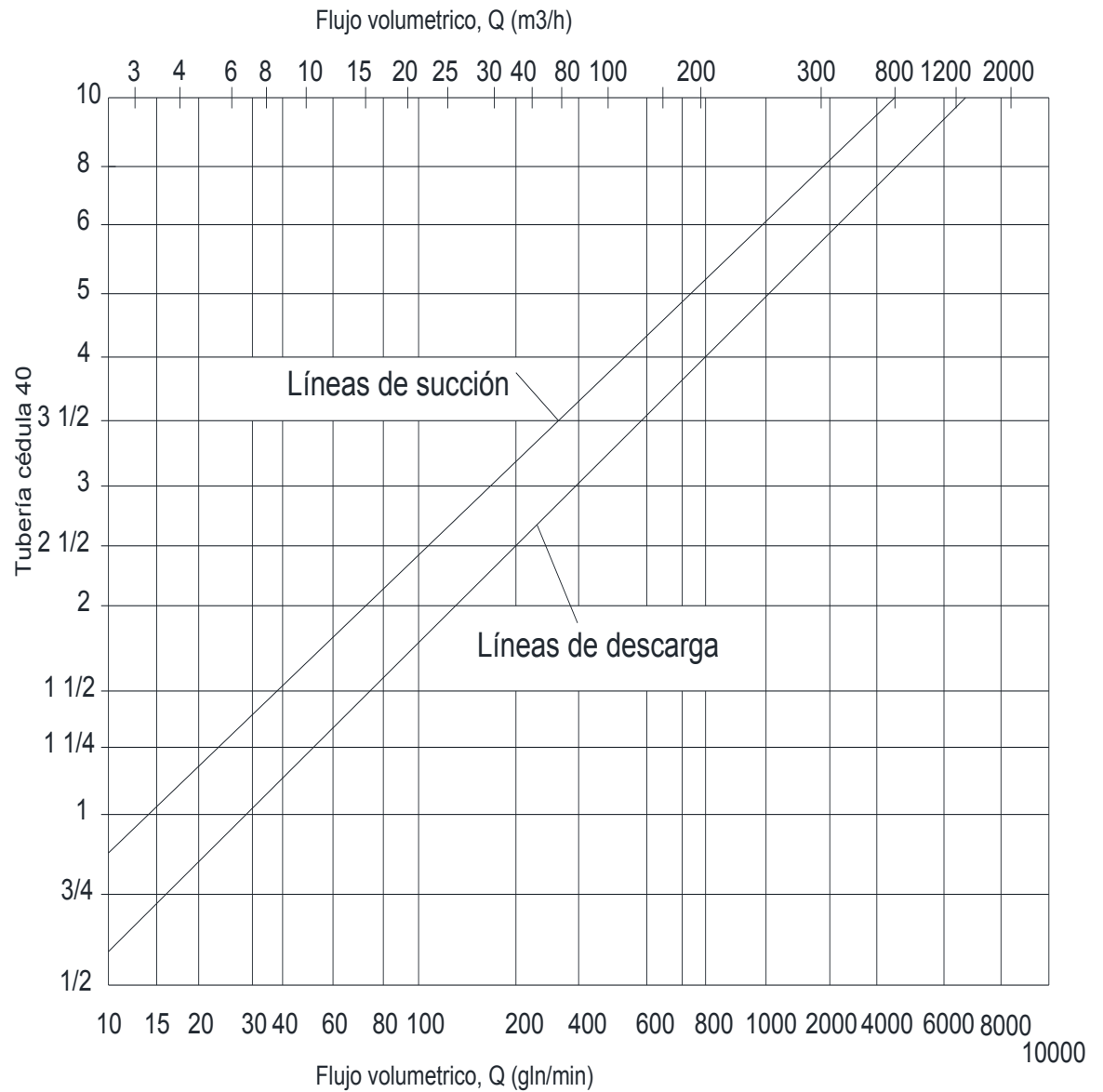


**ANEXOS B.**

**FIGURAS.**

Figura I.

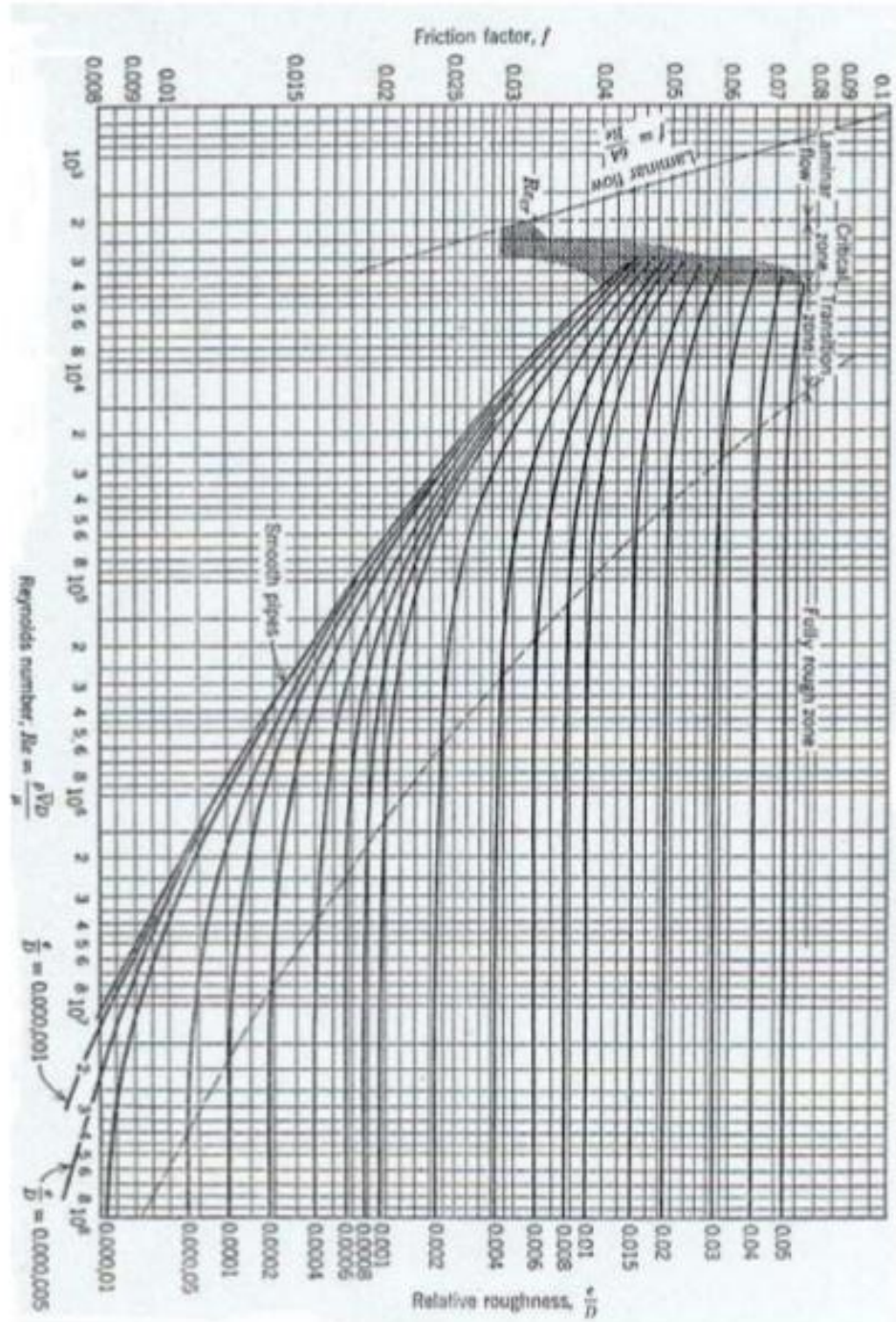
*Ayuda para seleccionar el tamaño de tubería*



*Fuente: Mott Robert (2006). Mecánica de fluidos (p. 163)*

Figura II.

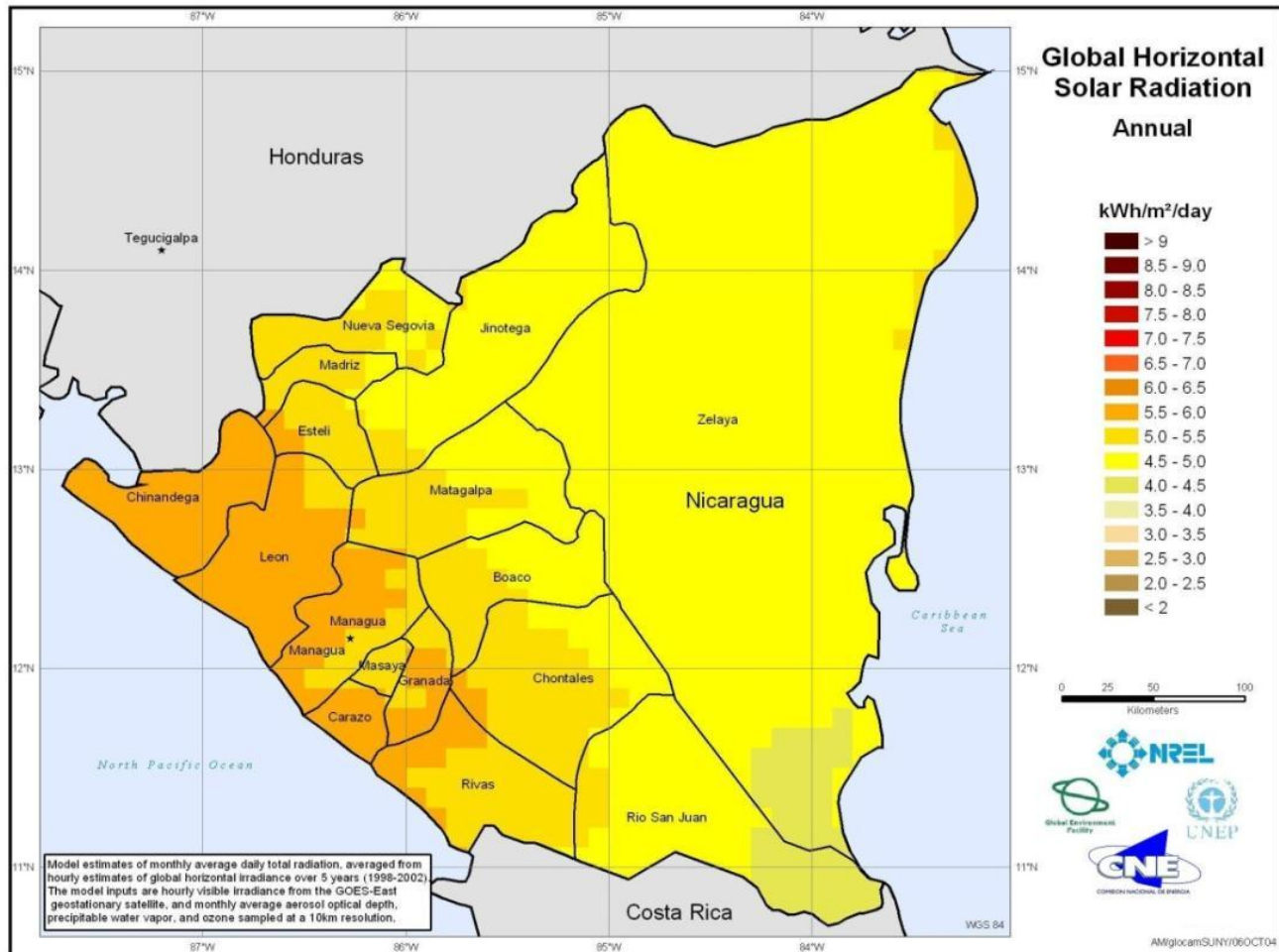
Diagrama de Moody.



Fuente: Coss Tapia Miguel (2013). *Diagrama de Moody*. Recuperado de <http://www.slideshare.net/mike09031991/3-diagrama-de-moody-16789145>

Figura III.

Radiación solar en Nicaragua..



Fuente: Ineter.

## **ANEXOS C.**

### **FORMATO TÉCNICO DE LAS ENTREVISTAS.**

## **Entrevistas a habitantes de la comunidad María Cristina.**

### **Objetivo:**

El objetivo de esta entrevista es conocer la cantidad de agua que ocupa a diario cada familia de la comunidad.

### **Datos a conocer**

**Nombre del entrevistado:**

**Cantidad de personas que viven en la casa:**

**Cantidad de agua estimada que usan a diario:**

---

—

**Nombre del entrevistado:**

**Cantidad de personas que viven en la casa:**

**Cantidad de agua estimada que usan a día:**

## **ANEXOS D.**

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS.**

## **1. GENERALIDADES.**

### **1.1. Alcance de las especificaciones.**

Las especificaciones representan una breve descripción de las obras a ser ejecutadas y los datos y características técnicas mínimas que deben cumplir los materiales, obras y servicios.

### **1.2. Planos.**

Los planos forman parte de estos documentos que se detallan a continuación. Lo expresado en los planos complementa lo dicho en las especificaciones.

## **2. CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CONCRETO.**

Cosiste en el suministro de materiales, mano de obra, equipos, herramientas y demás complementos para abastecer el concreto para esta obra de acuerdo a las especificaciones siguientes y con los detalles que aparecen en los planos.

El concreto tendrá una resistencia a la comprensión de 3,000 psi, esto de acuerdo a las Normas 613 del ACI.

### **2.1. Colocación del acero de refuerzo.**

La limpieza, doblado, colocación y empalme de refuerzo se hará de acuerdo con las normas y recomendaciones 318 y 315 del ACI, y las especificaciones del CRSI (última versión).

El acero de refuerzo se limpiará de toda suciedad y óxido no adherente. Las barras se doblarán en frío, ajustándolas a los planos y especificaciones del proyecto.

Los dobleces de las armaduras, se harán con radios superiores a 7.5 veces su diámetro, salvo indicación. Las barras se sujetarán entre sí con alambre de hierro dulce No. 16 de modo que no pueda desplazarse durante el llenado.

## **3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA INSTALACIONES DE TUBERÍA.**

### **3.1. Instalación de tubería.**

Bajo el concepto instalación de tuberías, se comprenderá las sub etapas constructivas de la excavación, instalación, prueba y desinfección de tuberías.

Se entrenará y mostrará al personal los lugares donde se colocarán las tuberías del sistema de bombeo y la tubería de la red de distribución. Esto se hará de acuerdo los planos.



### **3.2. Recursos y procedimientos.**

Debido a que en la excavación de zanjas, se puede encontrar eventualmente, materiales de diferentes grados de dureza, así como piedras, raíces y tierra, debemos contar con los equipos adecuados para la remoción de los antes mencionados, no nos preocuparemos por obras o estructuras subterráneas porque hasta la fecha no se ha realizado ninguna.

### **4. Excavación.**

Antes de iniciar la excavación de zanjas, se verifica si contamos con las herramientas necesarias para la extracción de raíces, piedras y árboles.

Con ayuda de los planos, se realizará la remoción de tierra para: construir el reservorio, colocar mojones de concreto, introducir tubería del sistema de bombeo y de la red de distribución y construir la fundación para la torre del tanque de almacenamiento de agua.

#### **4.1. Dimensión de la excavación.**

Las dimensiones externas del reservorio serán de 4.2m de profundidad 2.2m de diámetro. Las tuberías inclinadas estarán enterradas entre 0.7 a 0.4 metros de profundidad a lo largo de 16.5 metros, la tubería horizontal superior estará a 0.3 metros de profundidad a lo largo de 1.7 metros. Las dimensiones de la fundación para la torre será de 3 X 3 metros a una profundidad de 1 metro.

### **5. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS.**

La tubería del sistema de bombeo estará unida por medio de Cople y Niple. Los coples estarán regidos por la norma ASTM-153, que permite una protección contra la corrosión de 3.5 a 5 milésimas de pulgadas. La tubería con niple estará regida por la norma ASTM-153 para cédula 40.

Las válvulas serán de tipo cople según la norma ISO 6708, los codos serán tipo cople según la norma ASTM-153.

Para la red de distribución se usará tubos PVC (poli cloruro de vinilo) estarán regido bajo la norma ASTM D1784. Los codos, te y válvulas serán regidos bajo la equivalente norma NMX-E-181-CNCP.

Los cortes de las tuberías son una actividad importante ya que los tamaños están establecidos y los márgenes de error deben ser mínimos.

### **5.1. Instalación de tuberías.**

Antes de instalarse, los tubos serán limpiados, se verificará que no existan grietas que causen fugas y alineados según planos.

Se deben usar equipos y herramientas apropiados para manejar e instalar los tubos, en una forma segura y satisfactoria.

### **5.2. Soportes para tubería.**

Las juntas de sujeción metálicas de dos agujeros se adaptan y cubren un amplio rango de espesores de tubos. Estas juntas consisten en una brida de acero tipo U, con dos agujeros laterales y pernos también de acero, usaremos estas juntas para fijar la tubería de los mojones de concreto, tales juntas serán de 1 ½".

### **5.3. Tubería, pegamento y accesorios PVC.**

Todos los accesorios serán cédula 40 y de junta rápida (con empaque), los codos, uniones y demás accesorios serán de extremos lisos, para unirse con cemento PVC.

Los adaptadores hembras y adaptadores machos tendrán un extremo liso y un extremo roscado.

El pegamento a suministrarse debe cumplir con la norma D-2564, la cual rige las especificaciones para cemento solvente. Esta es una solución de P.V.C. clase 12454-B. Debe suministrarse en recipiente de un litro.

### **5.4. Materiales.**

La tubería del sistema de bombeo será de hierro galvanizado de 12 pies de largo cada tubo, la norma para estos tubos será ASTM A-123 para cédula 40.

Las válvulas seguirán las siguientes normas: ASTM A-105.

Para la tubería y accesorio P.V.C. ya los detallamos en los sub capítulos anteriores.

## **6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL TANQUE.**

El tanque de abastecimiento está aprobado por la norma F.D.A. y protección contra U.V. prolongando su vida útil.

### **6.1. Dimensiones del tanque.**

El tanque tendrá las siguientes dimensiones; Altura: 3.18 metros, diámetro: 2.2 metros, tapa número 5, válvula de llenado de  $\frac{3}{4}$  y flotador número 7.

### **6.2. Construcción de torre para tanque.**

La torre se ha cotizado a Metalúrgica Martínez, donde tendrá de una altura de 8 metros de alto y constará con una escalera de acceso.

### **6.3. Construcción de fundaciones para torre de tanque de abastecimiento.**

Consiste en el suministro de materiales, mano de obra, equipo y herramienta y demás complementos para suplir el concreto reforzado. El concreto tendrá una resistencia a la compresión de 3,000 psi. Para todo concreto, la proporción de cemento, árido y agua necesaria para obtener la plasticidad y resistencia requerida, estará de acuerdo con las normas 613-54 del ACI.

## **7. PROTECCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.**

Los equipos de protección se seleccionaron conforme tablas y cotizadas.

Usaremos una caja metálica de 400x300x250 mm para colocar dentro de ella los siguientes equipos:

Guardamotor de 14 a 20 Amperios, contactor de 25 Amperios con bobina de 230 V con contactores auxiliares, bornes auxiliares de 2.5 mm, pulsador no luminoso verde, pulsador no luminoso rojo y lámpara verde tipo LED.

En el sistema de protección contaremos con un centro de carga modelo CH4L 125SP 1 Fase para 125 amperios, un breaker de 2 polos, una varilla polo a tierra de cobre de 5/8 por 8 pie con su conector. Este circuito constará con cable TSJ 3x10.

El circuito de automatización dispondremos de dos boyas eléctricas switch flot de 15 amp y cable TSJ 2x14

**ANEXOS E.**

**COTIZACIONES.**



Una Compañía de **AquaCorp**

- P-

Página 1 de 2

No. Cotización: 34637 Parte: A

Nicaragua, 19-05-2014

Señores: ( ) ALCALDIA DE EL RAMA

Atención a: ALCADIA EL RAMA

Dirección: EL RAMA

Teléfono: 81673267

Fax: .

Cotización: BOMBA CENTRIFUGA MARCA STA-RITE 3 Y 5 HP 230 V 1 FASE

**Cant. Articulo Rubro "A": Equipo y Artículos**

1	1 161817 DHH BOMBA CENTRIFUGA STA-RITE 3HP 230 1FASE	42,726.44
1	1 161848 DHJ BOMBA CENTRIFUGA STA-RITE 5 HP 230 1FASE	41,709.22

**Subtotal Rubro "A" C\$** 84,435.66

<b>SUBTOTAL</b>	<b>C\$</b>	84,435.66
<b>IGV</b>	<b>C\$</b>	12,665.35
<b>TOTAL</b>	<b>C\$</b>	97,101.01
<b>TOTAL EN DOLARES</b>	<b>\$</b>	3,762.61





Una Compañía de **Aqua Corp**

- P-

Página 1 de 2

No. Cotización:

34637 Parte: A

Nicaragua, 19-05-2014

**Notas:**

LOS PRECIOS DE ESTA OFERTA SON VALIDOS POR 30 DIAS Y SE REVALORIZAN AUTOMATICA Y OBLIGATORIAMENTE EL PRMER DIA DE CADA MES. PARA MANTENER EL PRECIO NUESTRO CLIENTE DEBERA ENTREGAR ANTICIPO SOBRE SU PEDIDO.

LA GARANTIA DE UN AÑO ES POR DESPERFECTO DE FABRICACION Y NO CUBRE: PARTES QUE SE DESGASTEN POR EL USO O SEAN CAMBIABLES, NEGLIGENCIA O MALA OPERACION, DESCARGAS ELECTRICAS, PROTECCION ELECTRICA INADECUADA Y MALA INSTALACION POR PARTE DEL CLIENTE.

PROTEJA SU INVERSION Y LA GARANTIA DE SUS EQUIPOS, UTILICE LOS SERVICIOS PROFESIONALES DE INSTALACION, REPARACION Y MANTENIMIENTO QUE OFRECE NUESTRA EMPRESA. EL EQUIPO REQUIERE DE UN MANTENIMIENTO CADA SEIS MESES. NO USE MANO DE OBRA INEXPERTA Y SIN GARANTIA.

EL VALOR DE LOS ACCESORIOS DE INSTALACION ES ESTIMADO Y SERAN LIQUIDADOS AL CONCLUIR LA OBRA AUNQUE EL CLIENTE HUBIESE CANCELADO EL 100% DE LA COTIZACION.

TENEMOS A SU DISPOSICION LINEA TELEFONICA GRATUITA 1-800-AGUA (2482), PARA EMERGENCIAS Y SOLICITUD DE SERVICIOS

ESTAMOS BRINDANDO SERVICIO DE DETECCION DE FUGAS EN EL SECTOR DE MANAGUA, CONSULTENOS.

SOLICITE INFORMACION SOBRE NUESTRO NUEVO SERVICIO DE PERFORACION Y REHABILITACION DE POZOS.

NO REALIZAR RETENCION DE IR EN LA FUENTE SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTE, DE CONFORMIDAD A LA LEY DE EQUIDAD FISCAL.

ENTREGA INMEDIATA SALVO VENTA PREVIA

TIEMPO DE ENTREGA: EN 10 DIAS

Atentamente,

Vendedor WIRBERG CASTRO

Autoriza ORLANDO LOPEZ

Km. 2.5 Carretera Norte, Managua, Nicaragua • TEL: (505) 2249-6292 • FAX: (505) 2249-4694

www.aquacorp.com

Nombre: HARWELL MEJIA

Atención: EL RAMA

Teléfono: 81673267

Fecha: 07 DE JUNIO DEL 2014

Vendedor: Puesto de Ventas el Rama.

TEL: 25170020.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
3	MODULO SOLAR DE 200W	366.00	1,098.00
6	BATERIAS DE 105 AMPERIOS	127.00	762.00
1	REGULADOR DE CARGA	122.00	122.00
1	INVERSOR DE 2000 WAT	284.66	284.66
1	KIT DE ACCESORIOS	43.00	43.00
7	CABLES BC1	11.19	78.33
1	MANO DE OBRA	120.00	120.00
<div>NOTA: - ESTA CONTIZACION ES VALIDA POR 15 DIAS APARTIR DE SU FECHA DE ELABORACIÓN . - LOS PRECIOS DE ESTA COTIZACION ESTAN EN DOLARES AMERICANOS. SI EL PAGO SE REALIZA EN CORDOBAS FAVOR HACER CONVERSION EN BASE AL TIPO DE CAMBIO VIGENTE DE BANCENTRO.</div>		<b>SUBTOTAL</b>	<b>2,507.99</b>
		<b>Impuesto 15 %</b>	<b>376.20</b>
		<b>TOTAL U\$</b>	<b>2,884.19</b>
		<b>TOTAL C\$</b>	<b>75,565.74</b>

- Favor Elaborar Cheque a Nombre de TECNOSOL, S.A
- El tiempo de entrega es inmediato.
- Forma de Pago: Contra entrega.



# SILVA INTERNACIONAL S.A

## Cotizacion

TEL:23410906 - Email: chinandega@sinsa.com.ni - Fax: TEL:23414444  
Direccion :CHINANDEGA - CONTIGUO A STAR MART  
DGI:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J0310000001812

Documento : 105522 Tienda: 13.SINSA CHINANDEGA Fecha : 2014-06-26  
Vendedor : 2204 Nombre : JOSE LUIS TELLEZ DOMINGUEZ  
Cliente : HARWELL MEJIA Telefono : 0  
Direccion: O/C :  
Moneda : C\$ Cotizacion De: CONTADO Carnet : Dias de Validez : 01

LIN	CODIGO	No.PARTE	ARTICULO	U/M	CANT.	PRC.UNIT	TOTAL
001	5291002600	2X6MTS C/R	TUBO GALVANIZADO C/ROSCA 2 X 6MTS	UNIDAD	1.00	930.94	930.94
002	5291002100	1 1/2 X 6MTS C/	TUBO GALVANIZADO C/ROSCA 1 1/2 X 6MTS	UNIDAD	12.00	737.43	8,849.16
003	5620009500	333-1106	CODO GALVANIZADO 2X90° CED 20	UNIDAD	1.00	70.81	70.81
004	5620011500	SN	"CODO GALVANIZADO 1-1/2""X45 CED 20"	UNIDAD	3.00	57.05	171.15
005	5668022600	3121N09+3160N01	VALVULA DE PIE YORK 2" CROMADO GENEBRE	UNIDAD	1.00	553.60	553.60
006	5620095000	SN	NIPLE GALVANIZADO ROSCA 1-1/2X1-1/2 CED 20	UNIDAD	1.00	25.89	25.89
008	5670094800	3222-09	VALVULA GAVETA 2" BRONCE PN16/10 GENEBRE	UNIDAD	1.00	699.77	699.77
009	5666030800	116-1 1/2	VALVULA DE BOLA 1 1/2" ITAP	UNIDAD	2.00	522.74	1,045.48
011	5620030000	333-1305	UNION GALVANIZADA 1-1/2" (CAMISA) CED 20	UNIDAD	11.00	50.94	560.34

Sub-Total C\$: 12,907.14  
Impuesto C\$: 1,936.06  
Total C\$: 14,843.20  
Equiv. en US\$: 567.62  
Factor de Cambio : 26.15

JOSE LUIS TELLEZ / LISSETH ROMERO



Usuario : cjtchin

2014-06-26 15:21:42

Firma del Vendedor: \_\_\_\_\_

Page 1/1

Nota : No se aceptan cambios una vez aprobada la oferta, que fue hecha con base a datos suministrados. Los precios estan sujetos a cambio sin previo aviso.  
SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, ESTAMOS EXENTOS DE 1% DGI Y 1% ALMA.



**ING. FRANCISCO RIVERA BUSTOS**  
INGENIERO EN ELECTROTECNIA - ESPECIALISTA EN AUTOMATIZACIÓN

FORMULACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE:  
PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN, PANELES ELECTRICOS INDUSTRIALES, CENTRO DE CONTROL DE MOTORES  
BANCOS DE COMPENSACIÓN, ESTUDIOS ENERGÉTICOS, DISEÑO, ASESORIA Y SUPERVISIÓN DE PROYECTOS

Señores

**Harwell Mejía**

**Attn.: Harwell Mejía.**

Ref.: 2014\_538

**Suministro de arrancador de 3hp , 1f,230v. Y material electrico**

**18 de Junio del 2014**

Pos.	DESCRIPCION	CÓDIGO	CANTIDAD	Preio Unit. US\$	Precio Total US\$
01	arrancador directo de 3hp, 1f , 230		1	389.28	389.28
	- Caja Metalico 400 x 300 x 250				
	- Guardamotor de 14 - 20 A				
	- contactor de 25A bobina 230V				
	- contacto auxiliar lateral siemens innovation				
	- bornes de conexión de 2.5 mm				
	- ensablaje/materiales varios				
	lleva en la puerta:				
	- pulsador no luminoso verde,				
	- pulsador no luminoso rojo,				
	- lampara verde led , 230 V				
02	Centro d/carga CH4L125SP 1F 04E SUPERF. 125A		1	50.08	50.08
03	Cable TSJ 3X10 90°C 600V		50	3.19	159.50
04	Cable TSJ 2X14 90°C 600V		100	0.95	95.00
05	Tira plastica LG 4.6x180 LG32022 7"		200	0.11	22.00
06	VARILLA POLO TIERRA COBRE 5/8 X 8 PIE		1	8.68	8.68
07	Conector p/varilla a tierra 5/8		1	1.16	1.16
08	boya electrica switch flot 15A		2	35.38	70.76
09	breaker 2P/20 A CH		1	18.46	18.46

total de la oferta	US\$	814.92
Sub Total	US\$	814.92
15 % del I.G.V.	US\$	122.24
Gran total de la oferta	US\$	937.16

Tiempo de entrega: dos días .  
Condiciones de pago: contado

# ROTOMOLDEO DE CENTROAMERICA S.A.

KM 8 CARRETERA NORTE, DE LA KATIVO 200 MTS ESTE, EDIFICIO #10

TEL: 2233-3142 / 2233-1577 CEL: 8768-5971

RUC J0310000145466



COTIZACIÓN: DL-250614-01

CLIENTE: Harvel Mejia

FECHA: 25-Jun-14

Telefono: 81673267

ASESOR: ING.DEYANIRA LAZO

E-mail: \_\_\_\_\_

DESCUENTO: 12.00%

ATENCION: \_\_\_\_\_

GARANTIA: 8 AÑOS

Atendiendo a su amable solicitud, tenemos a bien someter a su consideración la siguiente oferta:

PRIVADO

Item	Cantidad	Descripción	Lts.	Gl.	Barril.	Φ (mts)	H (mts)	P.vacio (Kg)	P.lleno (Kg)	Precio Unit C\$	Total C\$
1	1	Plastitank 10000 litros	10000	2,642.00	48.00	2.32	2.72	230.00	10,230.00	\$ 1,482.14	\$ 1,482.14

SUB TOTAL \$ 1,482.14

DESCUENTO 8.00% \$ 118.57

SUBTOTAL: \$ 1,363.57

IVA: 15.00% \$ 204.54

TOTAL: \$ 1,568.10

Condiciones Comerciales de la Oferta: Incluye tanque, tapa, perforacion de salida

FORMA DE PAGO: CONTADO

FECHA DE ENTREGA: un día despues de orden

3ANCETRO C\$ 210-201-564

BANCETRO \$ 211-200-901

BAC C\$ 019-02889-3

BAC \$ 354-48597-1

OBSERVACIONES:

Garantia de 8 años por defectos de fabrica

Transporte gratis a Granada

ING.DEYANIRA LAZO  
ASESOR DE VENTAS

Firma de Aceptación

[rotocas-distribucion@ideay.net.ni](mailto:rotocas-distribucion@ideay.net.ni)



## METALURGICA "MARTINEZ"

Ministerio de Trabajo, 3 c. Abajo • Managua, Nicaragua  
Telefax: 266 -9261 • Teléfono: 088 50176  
E-mail: martinezventas2009@yahoo.es

**RUC N° 001-200368-0068K**



### PRESUPUESTO

Proforma N° 37



Managua, Nicaragua 08 de Julio del 2014

Cliente: HARWELL MEJIA

Correo/ Email: harwell\_mejia@yahoo.es

Atencion: \_\_\_\_\_ Telefono: 8167-3267

Direccion: \_\_\_\_\_ Fecha de Entrega: 15 dias habiles

**FORMA DE PAGO 60% ANTICIPO Y 40% CONTRAENTREGA. NO INCLUYE TRANSPORTE**

Oferta valida por 15 dias y sujetas a cambios según fluctuaciones del mercado

Con el afan de sastifacer a quienes, les estamos presentando la cotizacion de los siguientes productos:

CANTIDAD	DESCRIPCION DEL TRABAJO	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
1	ELABORACION DE TORRE METALICA SE HARA SEGÚN DATOS PRESENTADOS A USTED. CARACTERISTICAS: ALTO TOTAL 8.00 MTS, ANCHO 3.00 MTS.	\$3,956.52	\$3,956.52
	ESTRUCTURA VERTICALES CON PERLINES DE 2 X 5 X 1/8 EN CAJAS DE 4 X 5 X 1/8		
	ESTRUCTURA SECUNDARIA HORIZONTALES EN CAJAS DE 4 X 4 X 3/32, ARIOSTES CON ANGULAR DE 2 X 1/8		
	BASE: CON PERLINES DE 4 X 5 X 1/8, PISO CON LAMINA LISA DE 1/8		
	ESCALERA CON MARCOS DE ANGULAR DE 1 1/4 X 1/8, PASOS CON VARILLA DE 5/8 CORRUGADA.		
	BARANDAS CON TUBO REDONDO DE 3/4 H.N, PINTURA EN ANTICORROSIVO		
	NOTA. EL PRECIO NO INCLUYE INSTALACION SOLAMENTE ESTRUCTURA		
	<b>TIPO DE CAMBIO PARA EL MES DE JULIO 26.06</b>		
	<b>Opciones de pago: Cuentas Bancentro</b>	SUBTOTAL	\$3,956.52
	<b>Cordobas: 300533736 Dolares 301500837</b>	I.V.A	\$593.48
	<b>Cuenta en Banpro: Cordobas 10011407434664</b>	TOTAL	\$4,550.00

**NOTAS:** No aceptamos Orden de Compra (Solamente Anticipo & Cancelacion), No realizamos devoluciones de dinero, La entrega de Articulos se hara hasta que este totalmente cancelado, Aceptamos Carta de Exoneracion, Retenciones en base al 2% del Sub total Firmada y Sellada, Despues de 5 dias terminado su producto se cobrara bodega.

Presupuestador  
ANDRÉS GONZÁLEZ  
78748262

**Cheque a nombre de ALLAN MARTINEZ MAYORGA**



## SILVA INTERNACIONAL S.A

### Cotizacion

TEL:22669970 - Email: hcenter@sinsa.com.ni - Fax: 22682878  
Direccion :MANAGUA - PLAZA ESPAÑA 200MTS ABAJO  
DGI:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J0310000001812

Documento : 493397      Tienda: 12.SINSA HOME CENTER      Fecha : 2014-08-15  
Vendedor : 2011      Nombre : LINO ALBERTO LOPEZ GONZALEZ  
Cliente : HARWELL MEJIA      Telefono : 0      O/C :  
Direccion:  
Moneda : CS      Cotizacion De: CONTADO      Carnet :      Dias de Validez : 99

LIN	CODIGO	No PARTE	COD.SAC	ARTICULO	U/M	CANT.	PRC.UNIT	TOTAL
001	5494053100	42.5KGS	2523290010	&CEMENTO GRIS CANAL 42.5KGS	BOLSA	115.00	248.16	28,538.40
002	5295062000	3/8X6MTS	7214200000	&HIERRO CORRUGADO 3/8 X 6 MTS STD G-40 TICO	VARILL	98.00	83.16	8,149.68
004	5295063000	1/2X6MTS	7214200000	&HIERRO CORRUGADO 1/2"X 6MTS STD G-40 TICO	VARELL	40.00	143.88	5,755.20

Sub-Total CS: 42,443.28  
Impuesto CS: 6,366.49  
Total CS: 48,809.77  
Equiv. en US\$ 1,848.85  
Factor de Cambio : 26.40





## SILVA INTERNACIONAL S.A

### Cotizacion

27724949 - Email: matagalpa@sinsa.com.ni - Fax: 27722466  
Direccion :MATAGALPA - ESSO CENTRAL 50 Mts Norte  
DGI:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J0310000001812

Documento : 159825      Tienda: 11.SUC. MATAGALPA      Fecha : 2014-07-03  
Vendedor : 2357      Nombre : SILVIO DEYLIS ROSTRAN ZUNIGA  
Cliente : HARWELL MEJIA      Telefono : 81673267      O/C :  
Direccion:  
Moneda : C\$      Cotizacion De: CONTADO      Carnet :      Dias de Validez : 01

LIN	CODIGO	No.PARTE	ARTICULO	U/M	CANT.	PRC.UNIT	TOTAL
001	5694009000	s/n	&TUBO 2"x20 PVC A/P SDR.26 160PSI	UNIDAD	160.00	296.74	47,478.40
002	5694003000	s/n	&TUBO 1"x20 PVC A/P SDR.17 250PSI	UNIDAD	120.00	129.02	15,482.40
003	5698041000	3023020-B	&UNION LISA PVC A/P 2"	UNIDAD	160.00	19.70	3,152.00
004	5698038000	3023010-B	&UNION LISA PVC A/P 1"	UNIDAD	120.00	8.19	982.80
005	5698049000	SN	&UNION TOPE PVC A/P 2"	UNIDAD	5.00	235.12	1,175.60
006	5688007000	s/n	&CODO PVC LISO A/P 2"x45°	UNIDAD	10.00	30.83	308.30
007	5688004000	s/n	&CODO PVC LISO A/P 1"x45°	UNIDAD	10.00	12.04	120.40
008	5688018000	s/n	&CODO PVC LISO A/P 2"x90°	UNIDAD	10.00	38.31	383.10
009	5688015000	s/n	&CODO PVC LISO A/P 1"x90°	UNIDAD	10.00	13.14	131.40
010	5698018000	302312010-B	&REDUCTOR PVC LISO A/P 2"x1"	UNIDAD	50.00	19.70	985.00
011	5688036000	s/n	&TEE PVC LISA A/P 2"	UNIDAD	50.00	38.99	1,949.50
012	5666000600	6070020-R	&LLAVE DE BOLA PVC CON ROSCA 2"	UNIDAD	3.00	251.77	755.31
013	5635016000	3023820-B	&ADAPTADOR MACHO PVC A/P 2"	UNIDAD	6.00	16.42	98.52
014	4425002000	BA 1080 0911 5	&LIJA AGUA N° 80 - 3M	UNIDAD	3.00	18.11	54.33
015	5025002000	s/n	&PEGA PVC GALON GRIS C/L	GALON	1.00	1,059.09	1,059.09
016	5690002000	316-10021	TEFLON 3/4"X 10MTS AQUATEK	UNIDAD	30.00	11.43	342.90
017	3080003800	SN	&HOJA DE SIERRA 18X12X1/2 ACERO SANDFLEX	UNIDAD	10.00	33.86	338.60

Sub-Total C\$: 74,797.65  
Impuesto C\$: 11,219.65  
Total C\$: 86,017.30  
Equiv. en US\$ 3,276.85  
Factor de Cambio : 26.25



## SILVA INTERNACIONAL S.A

### Cotizacion

27724949 - Email: matagalpa@sinsa.com.ni - Fax: 27722466  
Direccion :MATAGALPA - ESSO CENTRAL 50 Mts Norte  
DGI:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J0310000001812

Documento : 159920      Tienda: 11.SUC. MATAGALPA      Fecha : 2014-07-04  
Vendedor : 2357      Nombre : SILVIO DEYLIS ROSTRAN ZUNIGA  
Cliente : HARWELL MEJIA      Telefono : 0      O/C :  
Direccion:  
Moneda : C\$      Cotizacion De: CONTADO      Carnet :      Dias de Validez : 01

LIN	CODIGO	No.PARTE	ARTICULO	U/M	CANT.	PRC.UNIT	TOTAL
001	2220004000	4WB150	ABRAZA.EMT C/PERNO 1 1/2MET. HW	UNIDAD	12.00	10.50	126.00
002	2275004500	S/N	TUBO EMT CONDUIT 1"X10 UL USA ALLIED	UNIDAD	5.00	282.45	1,412.25
003	5494053100	42.5KGS	&CEMENTO GRIS CANAL 42.5KGS	BOLSA	5.00	271.69	1,358.45
004	4288051800	6013-3/32	&SOLDADURA 6013-3/32" LINCOLN	LBS	11.00	60.11	661.21

Sub-Total C\$: 3,557.91

Impuesto C\$: 533.69

Total C\$: 4,091.60

Equiv. en US\$ 155.87

Factor de Cambio : 26.25

CELULAR:87265855

**ANEXOS F.**  
**FOTOGRAFÍAS.**



Fotografía I.

*Topografía del área.*



Fuente: Propia.



Fotografía II.

*Topografía del área.*



Fuente: Propia



Fotografía III.

*Posicionamiento por medio de GPS.*



Fuente: Propia.



Fotografía IV.

*Fuente de agua.*



Fuente: Propia.

## **ANEXOS G.**

SELECCIONAMIENTO DE LA BOMBA ASISTIDO POR

**PUMP BASE™ ACADEMIC VERSION.**

## 1. SELECCIONAMOS LAS PROPIEDADES DEL LÍQUIDO.

PumpBase  
File Modify Help

Academic Version

Project:

**Design point**  
Total Dynamic Head  feet  
Flow  gpm

**Optional**  
NPSHA  feet  
Static Suction Head  feet

**System curve**  
Total Static Head  feet  
☐ fit to a 2nd order curve  
or  
Head at half of design flow  feet

Edit Database  
Project Info  
Units  
**Liquid Properties**  
Selection Criteria  
Search Database  
Clear  
Exit

## 2. AL SELECCIONAR LA DESCRIPCIÓN, AUTOMATICAMENTE APARECEN LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO.

Liquid Properties and Manual Correction Factors

**Liquid properties (to apply corrections, check box below)**

Description: Water, Saturated at 90 deg F

Temperature: 32.2 C

Specific Gravity: 0.99

Viscosity: 7.6E-7 m2/sec

Vapor Pressure (abs): 4.86 Kpa

Specific Heat: 1 Cal/grC

Allowable Temp Rise: C

☒ **Apply centrifugal pump viscosity corrections**

**Manual correction factors (1.0 = no correction, .9 = 10% drop)**

Head at .6 bep: 1.00

Head at bep: 1.00

Head at 1.2 bep: 1.00

Flow: 1.00

Efficiency: 1.00

Save in database Default Accept Cancel

### 3. INTRODUCIMOS LOS VALORES DE DISEÑO.

The PumpBase software interface displays the following design parameters:

- Design point:**
  - Total Dynamic Head: 50 mtrs
  - Flow: 10 m3/hr
- Optional:**
  - NPSHA: 9 mtrs
  - Static Suction Head: 45 mtrs
- System curve:**
  - Total Static Head: 45 mtrs
  - ☒ fit to a 2nd order curve or
  - Head at half of design flow: [ ] mtrs

Buttons on the right side include: Edit Database, Project Info, Units, Liquid Properties, Selection Criteria, View Pumps, Search Database, Clear, and Exit. A status bar at the bottom indicates "9 pumps selected".

### 4. EL PROGRAMA HA ENCONTRADO 9 POSIBLES OPCIONES, SELECCIONAMOS EL MAS ADECUADO ANALIZANDO LAS CURVAS DE CADA UNA.

**Selected Pumps**

**Weber Industries, Inc.**  
8417 New Hampshire  
St. Louis, MO 63123  
Phone: (314)631-9200 Fax: (314)631-3738

Weber Industries manufactures precision machined, high quality Webtrol Pumps. It is privately held and has manufactured pumps since 1964.

Key	Series	Description	Eff
H60B5	H6	HT Booster Pump	65
H80B4	H8	HT Booster Pump	65
C5056	TC30	2x4x8.5, Cryogenic	46
H60B3	H6	HT Booster Pump	32
8-3B	800	Bul.020-3.7, 250F std.	NA

**Pump 2/9**

Suction Size 3 in  
Discharge Size 1.5 in  
Max Sphere Size 3.96 mm  
Max Work Temp 50 C  
Max Work Pres 4482 Kpa  
Max Stages 1  
npeller size 99 mm  
Speed 3450 rpm  
60 Hz

**Orientation...**

- ☒ Horizontal
- ☐ Vertical
- ☐ In-Line
- ☐ Side-Suction
- ☐ End-Suction

**Application type...**

- ☐ Fire
- ☐ Well
- ☐ Process
- ☐ Sludge/Slurry
- ☐ Dewatering
- ☐ Sewage/Trash
- ☐ HVAC
- ☐ Wastewater

**Features..**

- ☐ Portable
- ☐ Submersible
- ☐ Split-case
- ☐ Solids Handling
- ☐ Non AC-powered
- ☐ Self-priming
- ☐ High Temp > 250F
- ☒ High Corrosive
- ☐ ANSI
- ☐ ISO 2858



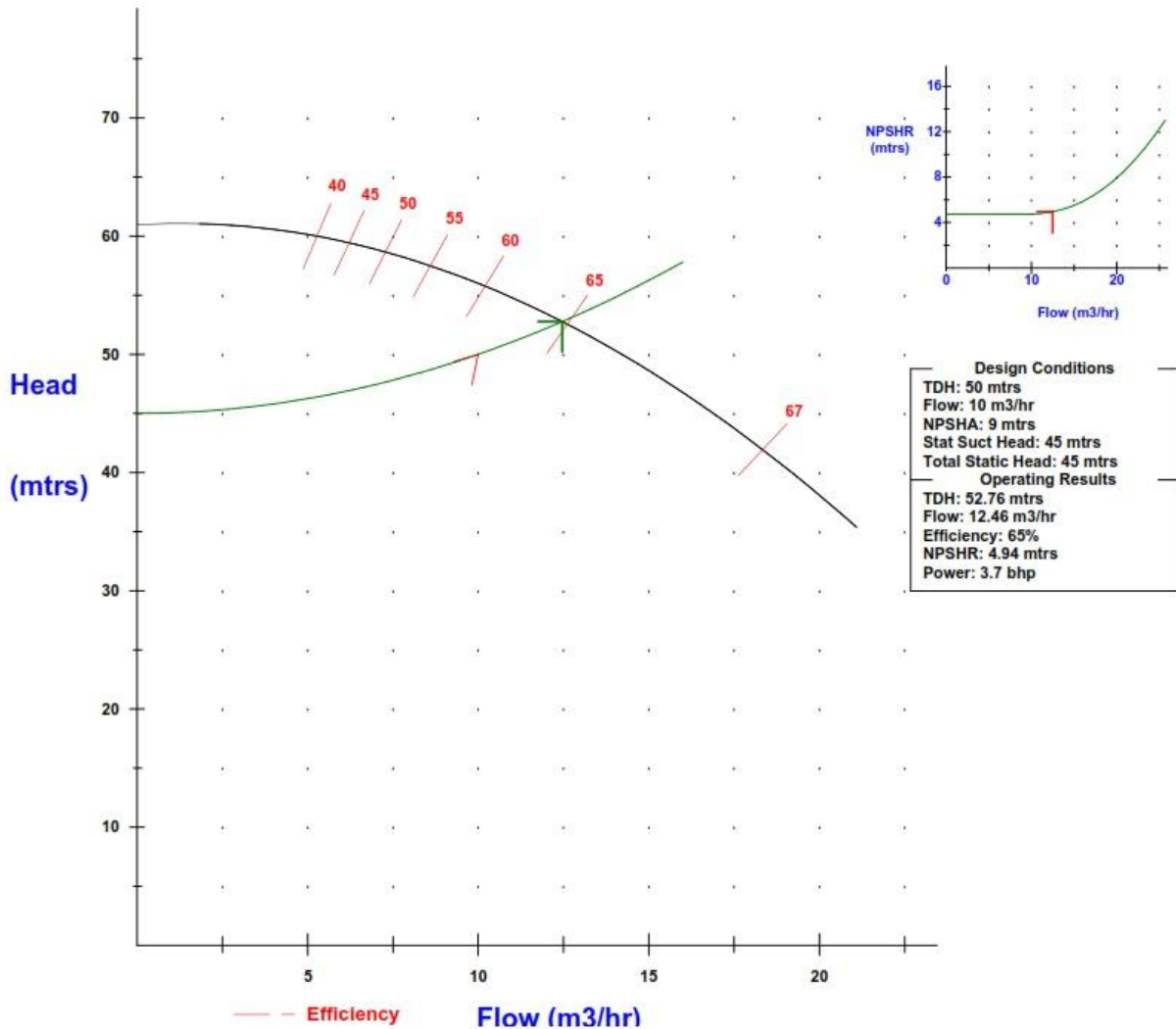
**Weber Industries, Inc.**

**Key: H80B4 - HT Booster Pump**

Fixed speed / trim  
Suc Dia: 3 in  
Dis Dia: 1.5 in  
Max Sphere: 3.96 mm  
Imp Dia: 99 mm

Series: H8  
Max Temp: 50 C  
Max Press: 4482 Kpa  
Max Stages: 1  
Speed: 3450 rpm  
60 Hz

Liquid Data - Viscosity corrections applied  
Water, Saturated at 90 deg F  
S.G.: 0.99 Vis: 7.6E-7 m2/sec  
Temp: 32.20 C Vap Press: 4.86 Kpa  
Allow Temp Rise: NA Spec Heat: 1.00 Cal/grC  
Temp Rise: 0.06 C  
Vis Corrections: Head:0.98, Flow:1.01, Eff:1.04



5. ESTA ES LA BOMBA QUE MÁS SE ACERCA A NUESTRO DISEÑO, EN LA PARTE SUPERIOR NOS MUESTRA EL FABRICANTE, SUS CARACTERISTICAS .

Tabla 11.

**PROYECCIONES DE POBLACIÓN AL 30 DE JUNIO POR SEXO, SEGÚN MUNICIPIO,  
AÑO CALENDARIO Y TASA DE CRECIMIENTO. PERIODO 2005 - 2020.**

Municipio, Año y Tasa de Crecimiento	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
<b>EL RAMA</b>			
2005	54 621	28 055	26 566
2006	55 007	28 224	26 783
2007	55 375	28 382	26 993
2008	55 722	28 527	27 195
2009	56 312	28 799	27 513
2010	56 617	28 921	27 696
2011	56 951	29 060	27 891
2012	57 261	29 186	28 075
2013	57 537	29 297	28 240
2014	57 779	29 391	28 388
2015	57 986	29 468	28 518
2016	58 179	29 554	28 625
2017	58 331	29 624	28 707
2018	58 451	29 683	28 768
2019	58 515	29 706	28 809
2020	58 607	29 718	28 889
<b>Tasa de Crecimiento</b>			
2005 - 2010	0.07	0.06	0.08
2010 - 2015	0.04	0.03	0.04
2015 - 2020	0.02	0.022	0.026

Fuente: Alcaldía de El Rama



**ANEXOS H.**  
**JUEGO DE PLANOS.**